

REVISTA DE  
DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
DA SBPC

238

INSTITUTO  
**ch**  
CIÊNCIA HOJE



**SB  
PC**

VOL. 40  
JUNHO  
2007  
R\$ 8,90

**TECIDO ADIPOSEO**  
Pesquisas revelam  
novas funções das  
células de gordura

**ECOLOGIA**  
Espécies invasoras  
são ameaça para  
biodiversidade global

**TESTES DE DOPING**  
País tem laboratório  
de alto nível para exames  
em Jogos Pan-americanos



# MAIS PRISÕES?

Como resolver os impasses do sistema penal

# A obsessão prisional

**Como em outros países,** o Brasil nos tempos que correm tem sido assolado por uma verdadeira obsessão prisional. A ideia de prender cada vez mais, pela maior quantidade de tempo possível e com regimes carcerários cada vez mais duros, ocupa no horizonte de expectativas de muitos cidadãos um lugar antes preenchido, com frequência, por utopias libertárias. O país está ainda distante da marca norte-americana, que mantém em seus cárceres cerca de 1% da população, mas a demanda diária por mais prisões parece configurar uma nova proposta de organização da sociedade: o 'penitenciário'.

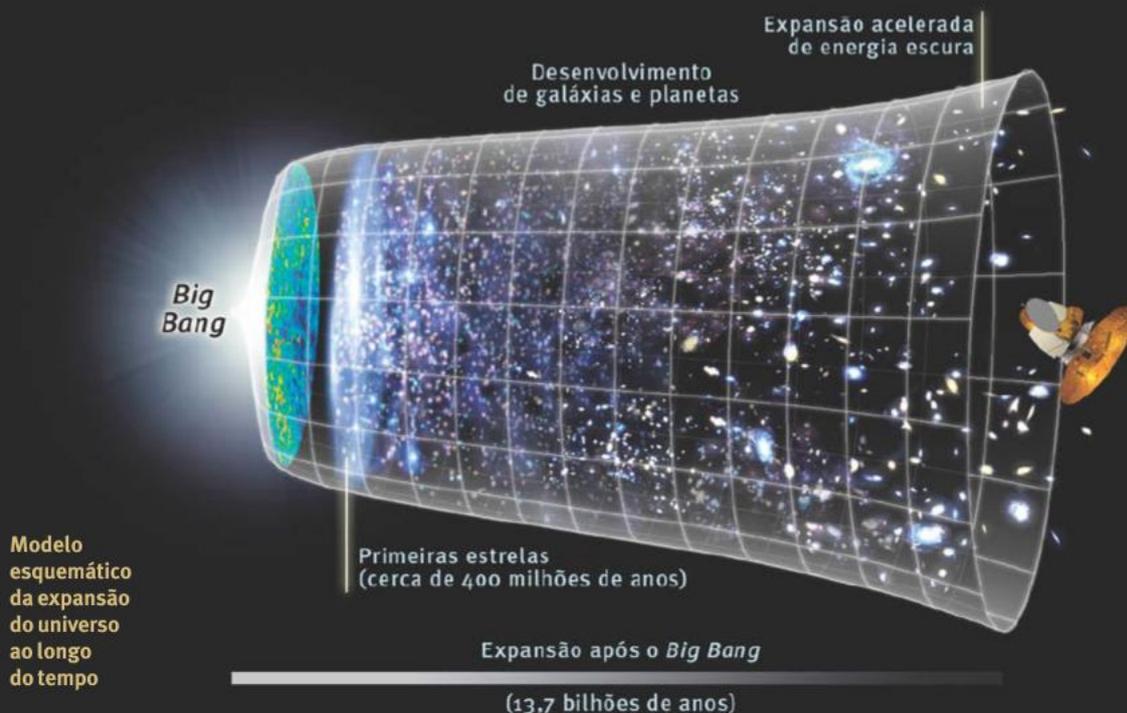
É inegável que a adesão a esse novo paradigma tem como alimento os níveis alarmantes de violência presentes na sociedade brasileira, interpretados, porém, de maneira pouco conseqüente e superficial. Uma cultura de emergência substituiu o entendimento da violência e da criminalidade como associado a fatores tais como o grau de promiscuidade entre circuitos criminosos e agentes da lei (no âmbito dos três poderes da República) e a rarefação – ou mesmo fracasso – das formas públicas de proteção social, via educação, saúde e habitação.

Este último fator parece ser decisivo. O sociólogo francês Loïc Wacquant, em livro seminal (*As prisões da miséria*), demonstrou, com base na experiência européia e norte-americana do final do século 20, que a demanda por penalização crescente e por maiores investimentos na dimensão repressiva do Estado esteve associada à redução no alcance e nas atribuições do que designou como "Estado Social". Em outros termos, trata-se de uma mutação civilizatória de não pequena monta: com a desconfiguração dos regimes de bem-estar social – e da presença pública do Estado na sua provisão –, caberá à dimensão repressiva a atribuição de mantenedora da ordem.

A obsessão prisional inscreve-se nessa perspectiva e percebe o espaço carcerário como um depósito punitivo, no qual o Estado exerce seu poder de extrair reparações de crimes perpetrados. A ênfase no par encarceramento/reparação – que supõe ser o Estado o detentor de um monopólio legal da vingança – conduz a impasses graves: como sustentar uma política de encarceramento crescente sem a presença de uma política de 'desencarceramento'? A não ser que suponhamos o sistema prisional como passível de expansão ao infinito, a capacidade de prender deverá, em alguma medida, estar associada à capacidade de soltar. Esse é o espaço que corresponde ao debate necessário – que deve envolver não apenas autoridades e especialistas em direito, mas também os cientistas sociais – sobre penas alternativas, despenalizações e a crítica ao encarceramento como política penal compulsória.

*Renato Lessa*

Diretor Presidente do Instituto Ciência Hoje



## ? O que dizem as principais teorias sobre a **variação** na quantidade de **matéria do universo**? O universo, desde seu início, tem perdido matéria, ganhado ou a quantidade de matéria se mantém estável?

FABIANO WALDEZ, POR CORREIO ELETRÔNICO

Nos modelos cosmológicos mais aceitos hoje, o universo não possui fronteiras, embora possa ser finito ou infinito. Nesse sentido, ele é tudo o que existe e, como não existem fronteiras, a matéria não tem para onde sair. Portanto, se a matéria não é criada nem destruída, sua quantidade se mantém constante.

Atualmente, a criação e aniquilação de partículas no universo é completamente desprezível. Desse modo, podemos dizer que não há variação na quantidade de matéria. No entanto, no passado, ocorreram processos de criação e aniquilação de partículas.

Um modelo bastante popular entre os cosmólogos é a chamada teoria inflacionária. Segundo essa teoria, todas as partículas teriam sido criadas próximo do fim do período inflacionário, em um passado remoto do universo. Embora não estejamos certos sobre como surgiu a matéria no cosmos, sabemos que em sua fase primordial, o cosmos era constituído por um número quase igual de partículas e antipartículas. As antipartículas constituem a chamada antimatéria. Para cada partícula conhecida na natureza, um próton, por exemplo, existe uma antipartícula, neste caso o antipróton, com a mesma massa, mas carga elétrica oposta. Quando uma partícula entra em contato com sua respectiva antipartícula, elas se aniquilam, liberando energia. Algumas partículas neutras – como o fóton, a partícula de luz – são suas próprias antipartículas.

Na fase primordial do universo, havia uma levíssima diferença entre a quantidade de matéria e a de antimatéria, da ordem de um bilionésimo a mais da primeira. À medida que o universo esfriou, as partículas e antipartículas foram sendo aniquiladas. Quando a temperatura ficou abaixo de cerca de um trilhão de graus, sobrou apenas a matéria, correspondendo a um bilionésimo do que havia anteriormente. Assim, houve uma grande va-

riação na quantidade de matéria. O mais surpreendente é que essa aniquilação deixou o seu rastro, de modo que hoje temos um registro de que esse processo ocorreu. Nós observamos um bilhão de fótons para cada partícula de matéria no universo. Esses fótons são fruto da aniquilação ocorrida quando matéria e antimatéria entraram em contato no universo primordial.

Existem algumas possibilidades mais exóticas. Por exemplo, o universo poderia ter mais dimensões, embora a matéria usualmente esteja confinada a três dimensões espaciais (esse modelo é chamado de universo brana, termo oriundo da palavra membrana). Nesse caso, em algumas condições extremas, poderia até haver uma espécie de vazamento de matéria para fora de nossa brana. Desse modo, poderíamos ter uma variação do número de partículas no universo. Outra possibilidade é que ainda haja a criação de partículas no universo atual. No entanto, esses modelos são meramente especulativos, não havendo evidências observacionais que lhes dêem suporte até o momento.

**Martín Makler**

*Instituto de Cosmologia,  
Relatividade e Astrofísica,  
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas*

## ? Como é feita a ligação dos vasos sanguíneos em cirurgias como a **ponte de safena** e como se dá a transferência dos vasos de certa parte do corpo para o coração?

VILANY SANTANA, POR CORREIO ELETRÔNICO

Todas as células do nosso corpo necessitam de oxigênio. Esse gás é transportado pelo sangue que circula nos vasos arteriais e levado para as células do coração, ou seja, para o músculo cardíaco (miocárdio), através de artérias chamadas coronárias. O entupimento parcial destas provoca dor, principalmente no lado esquerdo do peito, a chamada angina. Já o entupimento total leva à morte do tecido, também conhecido como infarto do miocárdio.

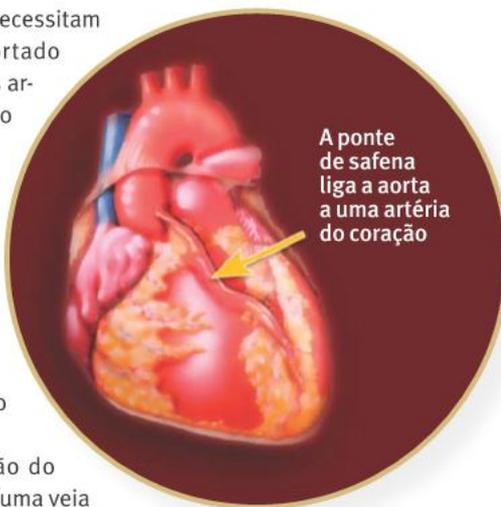
A cirurgia de revascularização do miocárdio com a ponte de safena (uma veia da perna) é um procedimento que desvia o sangue da aorta, a principal artéria do corpo humano, para um ponto posterior à obstrução na coronária afetada. A aorta é conectada ao ventrículo esquerdo, que é a parte do coração que faz o bombeamento do sangue arterial. Fazendo uma analogia com um cano de água obstruído parcialmente por ferrugem, o que se faz é conectar outro cano em paralelo, pulando o local da ferrugem e alimentando novamente a torneira com o mesmo fluxo de água que existia previamente.

As conexões da safena na aorta e na coronária são feitas com fios muito finos, especiais para suturas em cirurgias cardiovasculares, e são realizadas após abertura de orifícios nessas artérias. A veia safena pode ser retirada das pernas pelo fato de existir grande rede colateral, não alterando a drenagem venosa. Ocorre uma adaptação do nosso organismo, sem qualquer prejuízo para o mesmo. É importante ressaltar que hoje se utilizam mais artérias do que veias nessas cirurgias, como as torácicas internas (as mamárias) e as

radiais do braço. As primeiras são dissecadas, isto é, individualizadas, e, na maioria das vezes, ligadas diretamente à coronária lesada, sem conexão com a aorta.

Já as radiais são usadas como as veias safenas, servindo de ponte entre a artéria obstruída e a aorta ou a mamária. Contudo, elas só podem ser utilizadas após testes para comprovação de que não haverá prejuízo da circulação dos braços e das mãos.

**Pablo M. Alberto Pomerantzeff**  
Sociedade Brasileira de Cirurgia  
Cardiovascular



## ? Até que idade uma pessoa pode crescer e até quando pode se submeter a um tratamento de crescimento?

ALEX SOUZA, POR CORREIO ELETRÔNICO

Não é possível definir com precisão até que idade existe crescimento, isso varia de acordo com a maturação do esqueleto, o que ocorre no final da puberdade – nas meninas, por volta dos 16 anos e, nos meninos, próximo aos 18 anos. Essas idades são aproximadas e o fim do crescimento pode variar, ocorrendo mais cedo ou mais tarde, conforme as diferenças pessoais.

Apenas com uma avaliação da idade óssea das placas de crescimento nos ossos e da estatura e do comprimento dos ossos longos, pode-se fazer uma previsão (com margem de erro) da estatura final de uma pessoa. A indicação de tratamento para crescimento deve ser restrita àquelas crianças que apresentam algum distúrbio que retarde o desenvolvimento longitudinal (após avaliação médica prévia). O tratamento não deve ter o objetivo de se alcançar uma estatura maior por desejo pessoal, devido aos riscos de efeitos colaterais dos hormônios usados para esse fim. O melhor é levar uma vida saudável e ativa, deixando que a genética individual manifeste seu potencial.

### Arnaldo Hernandez

Grupo de Medicina do Esporte,  
Hospital das Clínicas (SP)  
e Departamento de Ortopedia  
e Traumatologia,  
Universidade de São Paulo

CARTAS À REDAÇÃO

Av. Venceslau Brás, 71  
fundos • casa 27  
CEP 22290-140 •  
Rio de Janeiro • RJ

CORREIO ELETRÔNICO:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# CAMPEÃO DE ANÁLISES

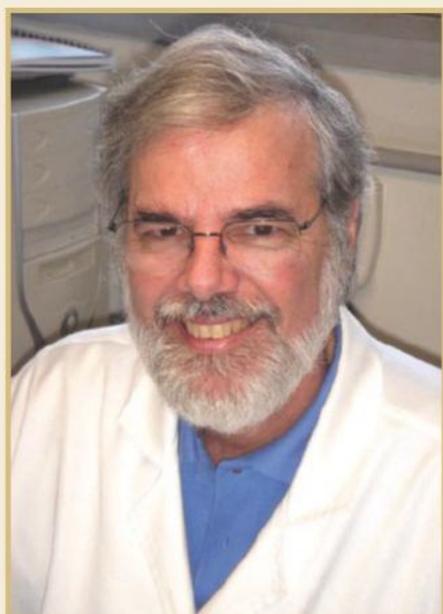


FOTO FRED FURTADO

## Francisco Radler

Há apenas 33 laboratórios no mundo credenciados pela Agência Mundial Antidopagem (AMA) para realizar os testes de *doping* em competições internacionais – um deles é brasileiro. O Laboratório de Controle de Dopagem (Lab Dop), associado ao Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (Ladetec) do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), criado em 1989, foi o primeiro do Brasil e da América Latina a ter acreditação (termo atualmente usado com significado de credenciamento) internacional. A existência do Lab Dop teria inclusive sido um dos fatores que auxiliaram o Rio de Janeiro a ganhar a concorrência para sediar os Jogos Pan-americanos deste ano. O químico Francisco Radler, coordenador geral do Ladetec, lembra que a presença do laboratório, segundo o presidente do Comitê Olímpico Brasileiro, Carlos Arthur Nuzman, foi um elemento importante para derrotar a cidade norte-americana de San Antonio. Como parte dos preparativos do Pan, o Lab Dop recebeu um investimento de R\$ 7 milhões do governo federal, destinado à compra de equipamentos e à reforma das instalações. Ambos muito necessários, já que o laboratório vai se responsabilizar por todo o controle de dopagem do evento, chegando a processar em 15 dias cerca de 25% de sua carga anual de análises. Nesta entrevista, Radler fala sobre o Lab Dop e suas atividades, dopagem e suas conseqüências, e sobre como a sociedade influencia essa prática.

**Franklin Rumjanek**

*Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ*

**Fred Furtado**

*Ciência Hoje/RJ*

### Quais foram as exigências para o credenciamento do laboratório?

Antigamente, o credenciamento era feito pelo Comitê Olímpico Internacional [COI], mas em 2004 criou-se a AMA, que passou a ser responsável por essa função. Essa acreditação é feita para o controle de *doping* em geral – uma vez recebida, o laboratório pode atender a qualquer tipo de evento. Para obtê-la é necessário possuir a tecnologia, as instalações e o pessoal treinado. Além disso, é preciso ter uma acreditação prévia, fornecida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial [Inmetro], segundo a norma ISO 17.025, que é muito rigorosa e abrange o trabalho de laboratório. Como parte do processo, o laboratório é submetido, a cada três meses, a um controle com amostras cegas, cuja composição deve ser completamente identificada. Algo que não é claro para todos é o fato de esse credenciamento ser dinâmico – é preciso se recredenciar a cada ano. Além disso, os atletas estão sempre criando novas situações de *doping* para as quais se necessita adaptar o laboratório, desenvolvendo tecnologias e ajustando o equipamento. Isso é caro para o sistema e não se investiu no laboratório ao longo dos anos. Só em 2005 foram alocados recursos para equipamentos e, no final do ano passado, quando houve investimento para adaptação dos laboratórios, começamos de fato a nos preparar para o Pan.

### Como o Lab Dop se compara com outros do mundo em relação a equipamentos, serviços etc.?

Depois do investimento pesado do Ministério do Esporte em equipamentos, cerca de R\$ 7 milhões, completamos nosso parque de instrumentos e hoje estamos tão bem, em termos de infra-estrutura, quanto qualquer um dos melhores laboratórios olímpicos. É preciso lembrar que nem todos têm todas as capacidades de análise. Às vezes, é mais sensato repassar para outras instituições atividades muito caras ou aquelas nas quais a frequência de amostras é pequena.

### Como é a rotina normal do laboratório e como ela deve mudar com o Pan?

Analisamos cerca de 4 mil amostras por ano; no Pan, serão de 1.200 a 1.300 em 15 dias. Ou seja, em duas semanas, faremos praticamente um quarto da carga anual de análises. Teremos várias equipes trabalhando em paralelo, em três turnos de 10 horas, sete dias por semana. Esse regime começará no dia 7 de julho, porque o controle de *doping* se inicia já na vila pan-americana, quando as delegações chegam, sendo essa etapa chamada 'fora de competição'.

### Quais os tipos de análises que são feitas no Lab Dop?

A proposta do Pan foi capacitar o laboratório para

fazer todas as triagens e confirmações. As duas grandes novidades são a análise da eritropoietina, substância muito 'badalada' hoje em dia, e a espectrometria de massas por razão isotópica. A primeira é uma proteína que aumenta a produção de glóbulos vermelhos no sangue. A segunda é uma técnica que confirma o abuso de anabolizantes produzidos pelo corpo, conhecidos como endógenos. Embora essas substâncias estejam presentes naturalmente no nosso organismo, como a testosterona, é possível tomar um remédio que as inclua em sua composição. Para o químico, é difícil identificar a origem da molécula, já que as duas versões, a natural e a produzida, são iguais. Felizmente, a composição de isótopos [átomos de um mesmo elemento, mas que possuem diferente número de nêutrons] de carbono das duas é distinta e essa diferença pode ser detectada por essa técnica.

**Hoje estamos tão bem, em termos de infra-estrutura, quanto qualquer um dos melhores laboratórios olímpicos**

### Há chance de falsos positivos e falsos negativos?

Sempre existe chance de falso negativo, seja porque a concentração da substância está abaixo do nível de detecção ou porque apareceu alguma interferência que não conseguimos contornar. Mas não há chance de falsos positivos, pois há grande rigidez nos critérios de identificação. Faz-se uma triagem para saber se há suspeita de dopagem. Se houver, prepara-se outra amostra e repete-se o teste para se confirmar a suspeita. Uma vez confirmada, faz-se uma terceira análise por um método independente. Se esta coincidir com as outras duas, sai o resultado. Na dúvida – a análise teve um resultado incerto –, declaramos negativo. Ou seja, é quase impossível haver um falso positivo. Na verdade, não se usa mais essa terminologia. Hoje, o nome é 'resultado analítico adverso', pois o laboratório só pode dizer que há algo presente na amostra que não devia estar lá. A comissão de controle de dopagem da competição é que usará essa informação para atribuir um resultado positivo ao atleta.

### Qual o limite da dopagem? Há suplementos alimentares ou remédios que o atleta precisa tomar que podem ser considerados como *doping*?

Esses são dois pontos importantes. Se o suplemento ou complemento alimentar for produzido com moléculas que não são consideradas *doping*, o seu consumo é liberado. O problema é que alguns deles são 'turbinados' com essas substâncias e, nesses casos, ▶

o atleta vai ter problemas, pois se o composto estiver presente no seu organismo, ele é responsável por isso. Esse é um alerta que sempre fazemos, porque alguns desses complementos têm esse material sem declará-lo no rótulo, seja por irresponsabilidade na produção ou por interesse em promover o produto como sendo melhor que o dos competidores. Há cerca de um ano resolveu-se o outro problema, o do uso de remédios. Criou-se uma isenção para uso terapêutico, a qual pode ser requerida pelo atleta com um problema médico específico mediante o fornecimento das informações relevantes, como exames, laudos etc. Se a comissão médica da federação entender que o pedido procede, então o desportista está autorizado a fazer uso do medicamento.

**A maioria das substâncias usadas para doping causa efeitos colaterais graves para o organismo, como sobrecarregar o funcionamento do fígado e dos rins, podendo desencadear o câncer**

### **Mas existe o caso de alguns desses remédios terem um efeito de doping?**

Sim, mas aí não tem jeito. É da alçada da comissão médica saber como proceder. Creio que haveria um dilema existencial em alguns casos. Por exemplo, um atleta que é cardíaco e toma diurético, mas compete em uma prova com categorias de peso. De repente, ele faz uso do medicamento não só porque precisa, mas também para ficar em uma classe de peso menor. O critério aí passa a ser subjetivo.

### **E quais as conseqüências para a saúde dos atletas do uso indiscriminado dessas substâncias?**

As piores possíveis. A maioria dessas substâncias causa efeitos colaterais graves para o organismo, como sobrecarregar o funcionamento do fígado e dos rins, causando problemas hepáticos e renais, e podendo desencadear o câncer. Muitos também sobrecarregam o sistema cardiovascular, levando a acidentes vasculares cerebrais. Há efeitos mais brandos, mas nem por isso menos relevantes, como no caso dos anabolizantes. A maioria deles causa vício, um problema raramente mencionado. O uso desses produtos, como o de entorpecentes, pode tornar o usuário um dependente químico – esse já é um fato comprovado. Eles também causam mudanças de humor, aumentando a agressividade.

### **Que novas estratégias de doping estão aparecendo?**

Atualmente, o sistema de controle está muito bem desenvolvido, no sentido de que se procura acompanhar a fraude. Enquanto antes os laboratórios estavam se capacitando tecnologicamente para poder seguir o atleta, hoje temos um parque tecnológico de primeira linha. Se ficamos sabendo que existe algum medicamento que está sendo desenvolvido cuja atividade principal ou o efeito colateral possa ter um benefício para o atleta, pedimos à companhia farmacêutica uma amostra do composto e começamos a desenvolver o método de detecção. Pode até ser que essa droga não venha a ser comercializada, mas isso não importa, pois, de qualquer maneira, teremos como mapear a substância. Do lado da doping, uma tecnologia que está atraindo a atenção é a do *doping* genético, embora seja uma suposição, já que ainda não há uma forma de terapia genética funcional. No entanto, quando existir, certamente veremos o uso desse tipo de doping. Por isso, a AMA já está financiando linhas de pesquisa para desenvolver metodologias de identificação de manipulação genética.

### **O Lab Dop desenvolve novas tecnologias para análise?**

Sim. Na verdade, todos os laboratórios da rede da AMA são incentivados a desenvolver pesquisa. Como estamos dentro de uma universidade, isso é natural. Sempre buscamos otimizar os métodos e avaliar novas substâncias e situações de *doping*.

### **Isso é patenteável?**

Nessa área não se fala muito em patente: publicam-se os achados em um artigo científico. Além disso, o grupo da AMA é composto por apenas 33 laboratórios; logo, o conhecimento gerado por ele é de interesse restrito e provavelmente não valeria uma patente.

### **Se um dos laboratórios cria uma técnica, como isso afeta a validação dos resultados?**

Hoje, quando alguém desenvolve uma técnica, ele tem que validá-la. Há um protocolo definido por agências internacionais dizendo o que precisa ser feito para demonstrar que o método é realmente eficaz. Se os criadores da metodologia comprovam sua eficácia, ele é validado. No Brasil, ele é então enviado ao Inmetro que, ao avaliar e aceitar esses resultados, fornece a acreditação pela norma ISO 17.025. Depois, a AMA avalia o método para confirmar uma vez mais os resultados. A partir daí, essa metodologia se torna disponível para outros laboratórios. Isso não quer dizer que eles sejam obrigados a usá-la, mas é natural que o façam, já que o trabalho está todo feito e basta copiar o processo. Por isso, não faz sentido nesse caso o uso de patentes.

### O laboratório também presta serviço para agências de segurança?

Não é muito sistemático, mas fazemos trabalhos desse tipo, sim, pois as técnicas são similares às usadas para drogas de abuso ou sociais. Temos um convênio com a Polícia Federal, e já realizamos várias análises para as polícias estaduais.

### O uso do doping está aumentando?

O número histórico de positivos no mundo é de cerca de 1,5% e isso não tem variado muito. O que muda é o tipo de substância usada. A tendência à fraude parece afetar só esse percentual dos atletas.

### E no Brasil?

Aqui o índice é menor, em torno de 0,5% a 0,7%. Isso reflete duas coisas: que a sofisticação do esporte nacional é menor do que lá fora e, conseqüentemente, o doping também é menos avançado; e que a maior parte das nossas amostras, por volta de 50%, vêm do futebol, que no Brasil é bastante limpo. O mérito é da Confederação Brasileira de Futebol [CBF], cujo controle de doping é o mais antigo e abrangente do país. A credibilidade desse sistema de identificação de dopagem faz com que os jogadores, em geral, não tentem nada. Infelizmente, o maior índice acaba sendo o das drogas sociais.

### A dopagem é maior nos países desenvolvidos?

Com certeza. A competitividade esportiva, o retorno monetário e a condição financeira dos atletas e seus empresários são maiores lá fora. Isso contribui quase que naturalmente para a fraude.

### Os patrocinadores estariam por trás disso, estimulando o uso dessas substâncias?

Costuma-se dizer que recorrer ao doping ou não é uma decisão dos atletas – se eles querem fazer mal a seus organismos, é problema deles. Isso não pode ser encarado dessa maneira. Primeiro, porque existem esportes onde há contato físico e, de repente, se o desportista está sob a influência de, por exemplo, anabolizantes, com a agressividade aumentada, ele pode perder o controle e acabar machucando o adversário ou mesmo o parceiro. Contudo, o mais importante é que o atleta hoje sofre a pressão de toda a sociedade. Ele não quer apenas ganhar, ele tem que fazê-lo. Seu dinheiro, prestígio e ascensão social estão ligados à qualidade do seu desempenho esportivo. Por trás disso estão o empresário, o treinador, os clubes e a família. Não existe livre-arbítrio algum. O único que não consegue escolher sua vida é o atleta, pois todos já determinaram o que ele deve fazer. Os casos mais tristes que tivemos foram desportistas em final de carreira. Via-se nitidamente que eles haviam passado do ponto e não conseguiam mais ter o mesmo desempenho,

mas a cobrança continuava e então optaram pelo doping. A sociedade impôs um modelo que acaba forçando o indivíduo a fazer qualquer coisa para atendê-lo.

### Qual a sua opinião sobre introduzir nas escolas conhecimento sobre o uso de drogas como os anabolizantes?

Acho válido. Às vezes, há um medo de que esse tipo de iniciativa possa despertar o interesse pelo uso, mas, em tempos modernos, com a internet à disposição de todos, os jovens já sabem de tudo. Se eles têm acesso a qualquer informação que queiram, mas sem qualidade, torna-se mais importante que a escola assuma esse papel.

### O Lab Dop faz algum tipo de divulgação?

Não muito. Damos seminários e palestras. Um programa interessante do qual participamos é o da Secretaria Especial de Prevenção à Dependência Química do município. Com o objetivo de gerar multiplicadores desse tipo de informação, a cada dois ou três meses ela reúne centenas de pessoas (envolvendo lideranças comunitárias, escolas etc.) em uma das regiões administrativas para um ciclo de palestras. Um integrante do laboratório costuma fazer uma apresentação referente ao abuso de drogas e ao controle de doping.

### Foi difícil convencer a UFRJ a abrir um laboratório de prestação de serviços?

Na época foi fácil, porque tínhamos um elenco de propostas que atendiam ao interesse da universidade. Como há poucos laboratórios que fazem controle de doping no mundo, essa não é uma atividade trivial; ela tem que ser diferenciada do ponto de vista de ciência e tecnologia, o que cabe ser executado na universidade. As novidades na área exigem sempre novas pesquisas. Ou seja, é um trabalho de extensão de alto teor tecnológico e com constante necessidade de pesquisa. Soma-se a isso o fato de que o sistema exige uma auditoria externa e uma garantia de que o trabalho é de qualidade, o que a universidade nunca teve ou se preocupou em ter: o acadêmico acha que aquilo que faz é o máximo. A idéia era mudar essa cultura e mostrar que, por melhor que o pesquisador seja, ele pode errar. Para não errar, é preciso que se tenha um sistema de controle que garanta isso. Finalmente, queríamos ter um mecanismo de visibilidade que mostrasse que a universidade tem importância para o país não só na formação de pessoal e, assim, conseguir mais recursos, pois naquela época havia uma crise financeira enorme e todas as agências de financiamento haviam sumido. É óbvio que nunca se agrada a todos. Até hoje há um grupo mais tradicional dentro da academia que acha que isso não é coisa que se deva fazer na universidade. ■

# Morte súbita do emaranhamento

Tudo indica que os computadores quânticos – que prometem resolver em minutos tarefas que levariam até milhões de anos para os mais modernos de seus congêneres atuais – deverão funcionar com base em um dos mais bizarros fenômenos da natureza: o emaranhamento. Os *bits* quânticos (*q-bits*), quando emaranhados, permanecem em um ‘estado coletivo’ que é fundamental para implementar a surpreendente velocidade de processamento de informação prometida por essas máquinas. Agora, no entanto, um grupo de físicos brasileiros mostrou, pela primeira vez, que o emaranhamento pode desaparecer de um modo completamente novo, como se sofresse um tipo de ‘morte súbita’ no contato irremediável dos *q-bits* com o ambiente. Essa prova experimental levanta questões importantes não apenas sobre a natureza desse fenômeno, mas também sobre a realização prática da computação quântica. O artigo foi publicado em *Science* (v. 316, pp. 579-582, 2007).

Na última década, da união da física quântica (teoria que trata dos fenômenos moleculares, atômicos e subatômicos) com a computação, emergiu uma nova área de pesquisa: a computação e informação quântica, para a qual um grupo de físicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) acaba de dar uma contribuição importante.

Na computação clássica, a unidade de informação é o *bit* (uma abreviatura da expressão inglesa *binary digit*), que pode assumir dois valores (usualmente, representados por 0 e 1). Na prática, os *bits* podem ser, por exemplo, dois níveis de voltagem.

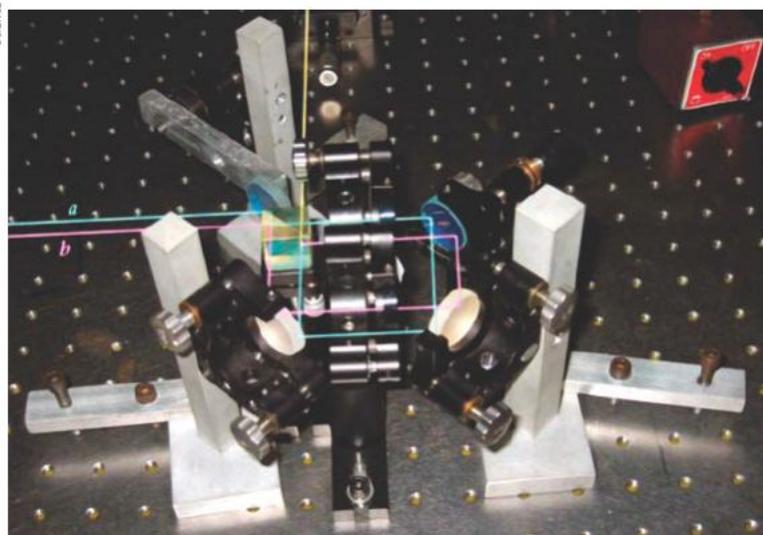
No computador quântico, cada *bit* pode ser um dos estados de um sistema quântico de dois estados (ou de dois níveis de energia). No caso de um átomo, podemos chamar *bit* 1 um estado excitado (ou seja, no qual o átomo ganhou energia); e *bit* 0 o estado fundamental. No caso dos fótons (partículas de luz), podemos associar o *bit* 0 com a polarização *H* (ou seja, quando o campo elétrico desse fóton vibra no plano horizontal) e o *bit* 1 com a polarização *V* (para o caso vertical).

Uma das diferenças básicas entre os sistemas quânticos e os clássicos é que os primeiros permitem que uma partícula (átomo, fóton etc.) esteja em um estado de superposição dos dois estados usados para descrevê-lo. Por exemplo, o fóton pode estar no estado de superposição vertical e horizontal de sua polarização. Portanto, o *bit* quântico (ou simples-

mente *q-bit*) é diferente do clássico, pois pode existir em dois estados simultaneamente (vertical e horizontal para o fóton; excitado e fundamental para o átomo etc.). Outra diferença importante: quando mais de um *q-bit* interage de alguma forma, eles podem permanecer em um estado coletivo no qual não identificamos mais os estados dos constituintes. Por exemplo, para o caso de dois fótons fazendo o papel de *q-bits*, não é mais possível dizer qual é a polarização de cada um dos fótons, se vertical ou horizontal. Quando isso acontece, dizemos que o estado do conjunto de *q-bits* está emaranhado.

Um computador quântico tem ganhos exponenciais de velocidade em relação ao clássico quando utiliza um conjunto de *q-bits* em estado emaranhado. Apesar do grande progresso da área nos últimos anos, um grande desafio ainda permanece: como manter um grande número de *q-bits* em um estado emaranhado por um tempo maior que aquele necessário para as operações computacionais. *Q-bits* emaranhados não estão isolados do exterior, e suas muitas interações com o ambiente (ou reservatório, como preferem os físicos) fazem com que eles saiam parcial ou totalmente desse estado coletivo.

Essa perda de ‘coerência quântica’ é chamada descoerência. Entender como ocorre o mecanismo de descoerência e como evitá-lo é essencial não só para compreender um dos fenômenos mais contra-intuitivos da natureza, mas



também para qualquer tentativa de implementar um computador quântico. É nesse contexto que um grupo de pesquisadores do Instituto de Física da UFRJ, liderados pelo físico teórico Luiz Davidovich e pelos experimentais Stephen Walborn e Paulo Souto Ribeiro, realizou um trabalho de grande importância. Eles demonstraram experimentalmente que o desaparecimento da coerência de dois *q-bits* (no caso, representados por fótons) ocorre de um modo completamente novo. Nesse fenômeno, conhecido como 'morte súbita do emaranhamento', a perda de coerência quântica (e, conseqüentemente, do emaranhamento dos dois *q-bits*) ocorre em um tempo finito, 'de repente', e não lentamente, como no caso de um *q-bit* em estado de superposição interagindo com o reservatório (ambiente).

Vamos a um exemplo simples deste último caso. Imagine um átomo em contato com o ambiente. No estado fundamental, ele não decai e não é afetado pelo contato com o reservatório. Mas, no estado excitado, podem ocorrer duas situações: i) ele decai ('volta') ao estado fundamental, devolvendo ao meio a energia excedente; ii) mantém-se no estado excitado. Neste último caso, em função de certas características do sistema, a probabilidade de decaimento tende a 1 (isto é, 100%) em um tempo infinito. Em outras palavras, em contato com o ambiente,

um *q-bit* atômico perderá a coerência quântica entre seus dois níveis de energia muito lentamente.

Mas e com dois *q-bits*? Nesse caso, sabe-se que a coerência quântica (e conseqüentemente o emaranhamento) vai a zero muito antes. Mas como demonstrar isso no laboratório? Como controlar a interação do reservatório com os dois *q-bits*?

Em sua montagem experimental, o grupo da UFRJ utilizou fótons (*q-bits* de polarização) para mostrar que a perda de coerência quântica de dois *q-bits* ocorre subitamente. Para isso, foram criados pares de fótons no estado emaranhado, nos quais a polarização de cada um dos fótons não é definida. A interação dos dois *q-bits* com o ambiente se dava através de um par de equipamentos (interferômetros de Sagnac) que contém duas portas de saída, chamadas caminhos A e B. Cada fóton é enviado a um desses equipamentos. Se o fóton tem polarização *H*, ele sempre escapa pelo caminho A.

No entanto, para um fóton com polarização *V*, é diferente. Dentro do equipamento, existe um dispositivo óptico que, quando um fóton de polarização vertical é transmitido por ele, seu plano de polarização é girado de um ângulo, e, com essa alteração, ele passa a ter certa probabilidade de escapar pelo caminho B (caso sua polarização não seja girada, ele escapa pelo caminho A). Conforme

esse ângulo aumenta, cresce a probabilidade de ele sair pelo caminho B. Ao se atingir o ângulo de 45 graus, essa probabilidade é máxima (100%), e todo fóton *V* sempre escapará pelo caminho B. Nessa situação (ou seja, ângulo de 45 graus), um *q-bit* perderá totalmente a coerência quântica na saída do interferômetro, pois fótons com polarização horizontal ou vertical sempre escaparão por portas diferentes.

Se compararmos com o caso do átomo com dois níveis de energia (excitado e fundamental), esse ângulo corresponderá ao tempo infinito para ele decair. Para apenas um *q-bit* em contato com o ambiente, isso foi realmente observado no experimento. No entanto, o grande resultado veio para dois *q-bits*. Nesse caso, o emaranhamento foi destruído para um ângulo menor que 45 graus. Essa foi a primeira verificação experimental da 'morte súbita do emaranhamento'.

Em resumo: dois *q-bits* emaranhados perdem totalmente a coerência quântica para o ambiente 'antes' que um *q-bit*.

Esses resultados têm implicações muito importantes para a consolidação de um computador quântico, que tem como base de seu funcionamento vários *q-bits* emaranhados e a permanência desse conjunto nesse estado por um tempo longo. Além disso, é quase certo que irão estimular a realização de novos experimentos para responder a muitas questões. Por exemplo, como se dará a perda de coerência para mais de dois *q-bits* emaranhados? E com átomos e íons, como será? Podemos inibir a 'morte súbita'? Futuros trabalhos nos responderão.

#### Sebastião de Pádua

Departamento de Física,  
Instituto de Ciências Exatas,  
Universidade Federal  
de Minas Gerais

Esquema da montagem experimental usado pelo grupo da UFRJ para demonstrar a 'morte súbita' do emaranhamento

EM FOCO

VGT/MARTIN BALLOUCH



**ELE TEM ALGO DE HUMANO?** • Atenção, defensores dos direitos dos animais. Está surgindo, em vários países, um movimento em prol da ampliação de alguns dos direitos humanos para os grandes primatas. Os defensores desse tipo de 'transumanidade' querem basicamente o seguinte: que esses símios tenham direito à vida, à liberdade individual (que não possam ser propriedade de ninguém) e que não sejam submetidos à tortura (entenda-se, usados em pesquisas médicas). Esse movimento vem ganhando destaque na mídia, principalmente depois que um grupo de ambientalistas da Áustria pediu a guarda legal do chimpanzé Hiasl (lê-se 'Rissel'), esse da foto. Ele foi 'importado' da África por um laboratório de pesquisas austríaco, mas, por falta de documentação adequada, acabou confiscado pela alfândega e levado, por decisão da Justiça, para um abrigo de proteção animal, que agora está falindo.

A juíza negou o pedido, alegando que as pessoas que estivessem pleiteando a guarda legal de seus filhos poderiam sentir-se comparadas a animais. O movimento de proteção aos animais da Áustria (cuj sigla é VGT) pretende recorrer da decisão. Caso saiam vitoriosos (o que implicaria Hiasl ter o mesmo *status* legal que uma pessoa), poderiam ter base jurídica para processar o laboratório pelos danos causados a Hiasl, que veio, em 1982, com nove anos de idade, de Serra Leoa. Há no país, segundo o VGT, mais 44 chimpanzés em situação semelhante em um santuário ao norte de Viena.

Na Espanha, o movimento ganhou o nome Projeto Grandes Primatas. Lá, um projeto de lei pede a extensão de alguns direitos humanos para esses macacos. Vários países desenvolvidos não empregam mais grandes primatas em pesquisas. Os Estados Unidos são exceção. Caso aprovada, a lei espanhola proibirá até a propriedade desses animais, forçando o governo a deslocar cerca de 200 animais para santuários. Mais informações sobre o Projeto Grandes Primatas em <http://www.greatapeproject.org/>, com a opção de texto em português.

**O MAIS TERRESTRE DOS PLANETAS?** • Entre os planetas extra-solares descobertos até agora, ele é o mais parecido com a Terra. Tem cinco vezes a massa terrestre, constituição supostamente rochosa e orbita a estrela anã vermelha Gliese 581, estrela menor e mais fria que o Sol. Supõe-se que a temperatura de sua superfície esteja entre zero e 40°C, o que significa que, caso ele tenha água, ela estará em estado líquido. Vida? Segundo os descobridores, é um bom candidato. Ele está a 20 anos-luz da Terra. Ou seja, se fosse possível fazer uma nave viajar com velocidade próxima à da luz (300 mil km/s), ainda assim a viagem levaria 20 anos. Desde meados da década passada, cerca de 250 planetas extra-solares foram achados. (*Astronomy & Astrophysics, a sair, 2007*)

MEDICINA

**METAIS, ALERGIAS E BACTÉRIAS**

Problemas com alergia de pele causada por anéis, brincos, colares e pulseiras de metal? Mesmo que eles sejam de metais nobres? Pesquisadores japoneses dizem que a culpa pode ser das bactérias.



Para entender um pouco mais a (ainda misteriosa) alergia a metais, os autores resolveram ver se os chamados lipopolissacarídeos (substâncias achadas comumente nas membranas das bactérias e conhecidas por causar reações do sistema imune) desempenhavam algum papel nesse processo. Para isso, trabalharam com dois grupos de camundongos. No primeiro, injetaram apenas um sal de níquel; no outro, também uma dose de lipopolissacarídeos.

Dez dias depois, os animais receberam uma injeção do sal de níquel no ouvido. No segundo grupo, a reação alérgica foi quase imediata (no primeiro, ela não foi praticamente notada). Com o tempo, os animais que receberam o lipopolissacarídeo desenvolveram alergia a outros metais, como cobalto, cromo, paládio, cobre e prata.

A hipótese dos autores é que as pessoas se tornam alérgicas ao metal ao usar os ornamentos durante um processo de infecção bacteriana. E que uma primeira exposição ao conjunto metal-lipopolissacarídeo desencadeie a reação a outros metais.

Processos alérgicos a metais são mais preocupantes no caso de implantes odontológicos e ortopédicos, que podem levar a um quadro de infecção generalizada. *Clinical and Experimental Allergy*, v. 37, pp. 743-751, 2007



## ASTRONOMIA

## TATARAVÓ DAS ESTRELAS

Se as estrelas formassem uma família, uma delas, recém-descoberta, mereceria o título de tataravó. Com idade estimada em 13,2 bilhões de anos, ela é uma descendente das primeiras gerações de estrelas formadas no universo. Esse fóssil estelar é um vestígio importante para se esmiuçar a composição do universo-bebê, logo depois do *Big Bang*.

O nome da estrela não é dos mais empolgantes: HE 1523-0901. Ela é uma estrela de segunda geração, ou seja, é constituída pelos restos das primeiras que se formaram no universo, há 13,7 bilhões de anos. A peculiaridade mais empolgante dessa anciã cósmica é que ela habita a Via Láctea, logo ali, a meros 7,5 mil anos-luz da Terra, como revelou para a *Ciência Hoje* a descobridora, Anna Frebel, da Universidade do Texas, em Austin (Estados Unidos) – cada ano-luz equivale a 9,5 trilhões de km. É possível flagrá-la com um telescópio convencional.

A idade da estrela, que tem um erro de 2 bilhões para mais ou para menos, foi calculada com base na relação entre elementos que a constituem, como o urânio e o tório, principalmente. O método guarda semelhança com aquele empregado para datar peças em paleontologia e arqueologia. A descoberta foi feita com a ajuda do telescópio VLT, no Chile.

*Astrophysical Journal Letters*, 10/05/07

## MEDICINA

## DEFESA NATURAL CONTRA O HIV

Um fragmento de proteína produzido pelo corpo humano mostrou ser eficaz para prevenir a entrada do vírus da Aids nas células. Com a estrutura levemente alterada, a ação protetora da molécula se tornou cerca de 100 vezes maior.

A Virip (sigla, em inglês, para peptídeo inibidor de vírus) foi isolada do sangue humano. Ela 'gruda' na gp41, uma proteína da capa do HIV fundamental para que o vírus 'aporte' na célula que posteriormente pode infectar. Ao se unir à gp41, ela impede que esse mecanismo ocorra, evitando, assim, a infecção.

Uma das vantagens da Virip em relação a outras drogas de combate à Aids é que ela se liga à gp41, considerada bem estável – ou seja, diferentemente de outras proteínas da capa viral, esta não sofre alterações constantes. Essas mudanças na estrutura do HIV levam à diminuição da ação das drogas.

Quando os pesquisadores alteraram apenas três dos 20 aminoácidos que formam a estrutura da Virip, notaram que a ação dela se multiplicou por 100. Não se sabe qual a função da Virip no corpo humano. Os autores sugerem verificar se pessoas naturalmente resistentes à Aids poderiam ter altos níveis desse peptídeo.

A Virip já foi testada em animais (ratos, macacos e cães) com bons resultados, segundo o grupo de pesquisadores alemães. Até o final do ano, podem começar os testes em humanos. Vale, no entanto, um alerta: outras proteínas com ação protetora semelhante já foram extraídas do corpo humano, mas não se transformaram em medicamentos.

*Cell*, v. 129, pp. 263-275, 2007

## SINTONIA FINA

Imagine que um pesquisador queira estudar todos os insetos que tenham coloração corpórea verde. Ou precise da literatura de todas as plantas cujo nome científico comece com 'F'. Hoje, esse cientista estaria diante de uma tarefa hercúlea. Mas, em 10 anos, isso pode mudar, caso o projeto do entomólogo norte-americano Edward Wilson, um dos maiores especialistas em formigas do planeta, se concretize. Em termos simples, ele pretende reunir, em uma única base de dados na internet, informação sobre 1,8 milhão de espécies conhecidas. O sítio terá vários níveis. No alto da página, estarão aquelas informações para o estudante e para os amantes (amadores) da natureza. Em outras partes, espera-se oferecer praticamente toda a literatura científica sobre o tema pesquisado. Até o final do ano que vem, os organizadores da *Enciclopédia da vida* (EOL, em inglês), lançada no último dia 9 de maio, prometem colocar 25 milhões de páginas à disposição do público, com a literatura que já perdeu os

direitos autorais (anterior a 1923). Talvez, para ler parte da literatura científica que virá a seguir, o navegador tenha que ter uma assinatura paga, pois alguns grupos da mídia não estão dispostos a oferecer seus produtos gratuitamente. Para ter uma idéia do formato das páginas (em inglês), o leitor pode visitar

[www.eol.org/demonstration.html](http://www.eol.org/demonstration.html).

**Mozart está morto.** Pelo menos, o chamado efeito Mozart, segundo o qual escutar a música do mestre aumenta o Q.I. das pessoas em longo prazo. O mito surgiu com um artigo controverso publicado em 1993 em *Nature* (v. 365, p. 611), em que se alegava que, depois de escutar as composições desse austríaco, pessoas executavam tarefas espaciais com mais desenvoltura. Desde então, a indústria inundou o mercado com CDs de música clássica para nenês; escolas trataram de levar Mozart aos berçários etc. Agora, a morte do dito efeito foi anunciada pelo governo alemão, com base nas conclusões de um estudo feito por um grupo multidisciplinar de cientistas. O Ministério da Ciência da Alemanha decidiu financiar a pesquisa pressionado pela quantidade de cartas e questionamentos sobre o tema música e inteligência. Uma questão, porém, ficou em aberto no relatório final: estudar música aumenta o Q.I. em longo prazo? Alguns estudos bem conduzidos parecem indicar que sim.



PSICOLOGIA ANIMAL Cães copiam, mas sabem ajustar aprendizado à situação

## O 'JEITINHO' DOS CÃES

Nos últimos anos, os cães vêm surpreendendo até os especialistas em comportamento animal. Agora, um estudo conseguiu mostrar, pela primeira vez, que eles guardam similaridades impressionantes com os bebês no quesito denominado pelos psicólogos imitação seletiva.

Humanos na primeira infância não só imitam, mas o fazem de modo seletivo, ou seja, copiam uma ação que observaram, mas ajustam o aprendizado às circunstâncias, o que é considerado um traço da inteligência humana.

Para testar se os cães são ou não capazes de imitar seletivamente, pesquisadores austríacos e húngaros fizeram um experimento simples: treinaram a simpática cadelinha abaixo para executar a seguinte ação: usar a pata para baixar uma alavanca que abria uma caixa com comida dentro. Para esse tipo de tarefa, os cães empregam a boca.

A cadelinha executou essa ação para duas 'platéias' caninas separadas. Para uma delas, simplesmente ia até a

alavanca e a abria com a pata. Para outra, fazia o mesmo, mas tinha a boca ocupada por uma bolinha.

Depois era a vez de os cães imitarem a instrutora. O grupo que viu a cadela (com a bolinha na boca) também empregava a boca para baixar a alavanca. Mas aqueles que assistiam à outra demonstração (sem bolinha) usavam a pata. Parecem resultados simples, mas as implicações são complexas do ponto de vista do comportamento.

### Razão para a boca livre

Para os autores, a diferença de tática dos dois grupos demonstra claramente uma imitação seletiva, ou seja, uma adaptação segundo o propósito da ação. Se os cães percebiam que a instrutora estava impossibilitada de usar a boca, eles optavam pelo método mais fácil para eles (boca) de atingir o objetivo (comida). Mas, se viam a instrutora com a boca livre, parecia a eles haver uma razão para ela ter empregado a pata. E aí eles a imitavam.

Em resumo: os cães simplesmente não imitam o que vêem, mas apenas o fazem quando isso lhes parece mais apropriado para alcançar o objetivo desejado. Nesse sentido, cães parecem ter mais similaridades com os humanos do que os próprios chimpanzés, nossos parentes biologicamente mais próximos, pois estes em tarefas semelhantes sempre optam, segundo os autores, pelo modo mais fácil para eles de realizar o objetivo.

Para os autores, Friederike Range e Ludwig Huber, da Universidade de Viena (Áustria), bem como Zsófia Virányi, da Universidade Eötvös, em Budapeste (Hungria), esse tipo de paralelismo cognitivo com os humanos é presumivelmente resultado da longa e íntima relação de comunicação com o homem durante a domesticação dos cães.

*Current Biology*, 15/05/07



FRIEDERIKE RANGE

### ABORTO VERSUS CÂNCER DE MAMA •

Abortos (induzidos ou espontâneos) não elevam o risco de câncer de mama em mulheres na pré-menopausa. Esse é o resultado de uma pesquisa que acompanhou, por quase 15 anos, 105 mil mulheres entre 29 e 46 anos. Nesse período, foram notificados nesse grupo cerca de 16 mil abortos induzidos e 22 mil naturais. Os casos de câncer de mama chegaram a quase 1,5 mil. Mas, segundo os autores, não foi possível associar o aborto à elevação do risco desse tipo de câncer. (*Journal of the American Medical Association*, 23/04/07).

**VITAMINA C? MELHOR A DA FRUTA •** Consumir suplementos vitamínicos virou moda. Um dos mais populares é a vitamina C, por sua comprovada ação antioxidante (evita danos no material genético celular) e sua suposta (e polêmica) ação contra gripes e resfriados. Um experimento, no entanto, mostrou que o consumidor pode estar sendo iludido. Foram formados três grupos de voluntários: o primeiro tomou suco de laranja; o segundo, água com a mesma quantidade de vitamina C que o suco (cerca de 150 mg); o terceiro, água com açúcar. O sangue dos voluntários foi extraído três horas e 24 horas depois da ingestão. As amostras foram expostas à água oxigenada, cujo poder oxidante é bem conhecido. Os danos foram significativamente menores para o primeiro grupo. Mas, para os dois outros, não houve evidência de poder antioxidante. Os autores suspeitam que esse poder, no caso da vitamina C, dependa da presença de açúcares ou de outras substâncias das frutas. (*British Journal of Nutrition*, v. 97, pp. 639-643, 2007)



## ZOOLOGIA

## GEORGE, O SOLITÁRIO?

George Solitário, a criatura tida como a mais rara do mundo pelo *Livro dos records* e um ícone mundial para o movimento conservacionista, pode ter que mudar de 'sobrenome'. Ele pode não ser o único sobrevivente de sua espécie.

Um estudo analisou a distribuição da variação genética entre duas populações da espécie de tartaruga *Geochelone becki*, natural da ilha de Isabela, no arquipélago de Galápagos. O trabalho comparou o material



THOMAS H. RAUTTS

com um banco de dados mais amplo, contendo informação genética sobre indivíduos das 11 espécies das tartarugas de Galápagos, inclusive (e pela primeira vez) as *Geochelone abingdoni*, à qual pertence George Solitário, único dos espécimes que um dia habitaram a ilha de Pinta.

Para a surpresa dos pesquisadores, eles encontraram um macho que é um híbrido de primeira geração entre as espécies *G. becki* e a *G. abingdoni*. A boa notícia vem da seguinte dedução: se há um híbrido, então é possível que se ache um *G. abingdoni* 'puro' entre as 2 mil tartarugas da ilha de Isabela.

George não vive solitário na estação ecológica na ilha de Santa Cruz. Lá, ele está acompanhado de duas fêmeas da espécie *G. becki*, pela quais, até agora, não demonstrou interesse nestes últimos 35 anos. Se indivíduos da espécie de George forem encontrados, isso possibilitaria, segundo os autores, repovoar a ilha de Pinta.

*Current Biology*, 01/05/07

## FÍSICA

## ARRANHANDO DIAMANTES

O posto de material de maior dureza, ocupado pelo diamante, está ameaçado. Uma substância feita em um laboratório norte-americano mostra evidências de que pode riscar a pedra considerada a mais preciosa de todas.

O diboreto de rênio ( $\text{ReB}_2$ ) não tem nem o aspecto (um pó preto que pode ganhar a forma de metal prateado), nem o nome charmoso de seu rival de luxo (afinal, alguém conseguiria imaginar Marilyn Monroe cantando "Diboretos de rênio [em vez de Diamantes] são o melhor amigo de uma garota" no filme *Os homens preferem as loiras*, de 1953?

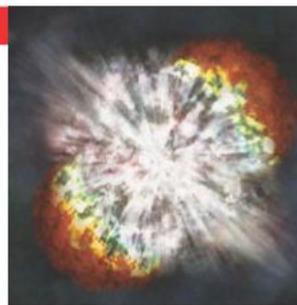
A vantagem do  $\text{ReB}_2$  (que já era conhecido, mas nunca teve seu grau de dureza medido) é que ele pode ser obtido a pressão ambiente (diamantes artificiais precisam de pressões elevadíssimas para ser obtidos, o que encarece sua produção). Há evidências de que a dureza do diboreto de rênio pode ser até superior à do diamante, pois em certas circunstâncias os pesquisadores notaram que ele conseguiu arranhar a pedra preciosa.

Depois do diamante, a segunda substância mais dura conhecida é o nítreto de boro, que é também formado em altas pressões. Por sua dureza, diamantes são usados na indústria para cortar, lixar ou furar, mas não funcionam bem quando há ferro neles. Esse elemento pode formar, em contato com o diamante, sob condições extremas, carbureto de ferro.

O rênio foi escolhido por conter muitos elétrons, o que o torna incompressível. Já o boro (do diborato) foi selecionado por se 'encaixar' bem na estrutura desse metal denso. *Science*, 20/04/07

## SINTONIA FINA

A supernova SN 2006gy abocanhou o título de evento mais brilhante da história. Supernova é a designação para a explosão de uma estrela (no caso, de aproximadamente 150 vezes a massa



NASA / OGLE / M. WEISS

solar) que chega ao final da vida. O fenômeno ocorre em função do esgotamento do 'combustível' e do colapso devido à própria gravidade. Em geral, o processo final de uma supernova é a geração de um buraco negro. No interior desse 'ralo' cósmico, que suga luz e matéria, ficam também os elementos químicos gerados ao longo da vida da estrela. Mas os especialistas acreditam que o caso da SN 2006gy foi diferente. Ela lançou uma grande quantidade de novos elementos para o meio interestelar. Algo parecido ocorreu com as primeiras estrelas formadas no universo, que eram igualmente massivas, há cerca de 13 bilhões de anos. Esse processo até agora só havia sido previsto teoricamente, sendo a SN 2006gy, acredita-se, o primeiro caso observado desse mecanismo. A SN 2006gy está a 240 milhões de anos-luz da Terra, ou seja, a luz dessa explosão levou 240 milhões de anos para chegar à Terra. A imagem dela foi capturada no final do ano passado, por telescópios terrestres e pelo Chandra (que 'enxerga' o universo em raios X), mas só divulgada no último dia 7 de maio. Suspeita-se que outra estrela massiva, a Eta Carinae, possa explodir a qualquer momento. Em entrevista para o serviço noticioso *Nature News*, David Pooley, da Universidade da Califórnia, em Berkeley (Estados Unidos), fez a seguinte comparação. Caso a Eta Carinae exploda, a luz seria suficiente para que, na Terra, um livro fosse lido no meio da noite. A Eta Carinae está a 7,5 mil anos-luz da Terra. Portanto, se a explosão ocorrer este ano ainda, o brilho dela só atingirá o planeta por volta do ano 9500.

## Cássio Leite Vieira

## Ciência Hoje/RJ

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEUROSCIENCE, NATURE NEWS, NATURE MATERIALS, GENE THERAPY, PHYSICS NEW UPDATE (THE AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW FOCUS (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY), PHYSICS WEB SUMMARIES (INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW LETTERS, SCIENTIFIC AMERICAN, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, EUREKALERT EXPRESS, THE PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, BBC SCIENCE/NATURE, NEW SCIENTIST, NANOTECHWEB NEWS ALERT, FOLHA DE S. PAULO, AGÊNCIA FAPESP, CELL PRESS, CHANDRA DIGEST, ASTROPHYSICAL JOURNALS, GRAVITY PROBE B UPDATE, INTERACTIONS NEWS WIRE, MEDICAL NEWS TODAY, ALPHAGALILEU, ROYAL SOCIETY LATEST UPDATE, SCIDEV.NET, UNIVERSO FÍSICO, SCIDEV.NET WEEKLY UPDATE, PICKED UP FOR YOU (H. WACHSMUTH / CERN)

# Mau presságio

**Franklin Rumjanek**

*Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro*  
franklin@bioqmed.ufrj.br



**A**mbriologia é a especialidade da biologia e da medicina que estuda os mecanismos envolvidos no desenvolvimento de um ser vivo desde a fecundação do ovo até a formação de um indivíduo completo. Durante a embriogênese, ocorrem ao mesmo tempo a proliferação celular, a especialização das células (formação de tecidos, o que envolve a interação entre as células) e a movimentação destas. Nos humanos, o desenvolvimento embrionário vai – exceto para alguns tecidos, como os do sistema nervoso – aproximadamente até o segundo mês de gestação. A partir daí, o que se observa essencialmente é o crescimento do feto, além de algumas alterações fisiológicas preparatórias para o parto e para a vida extra-uterina.

## O que preocupa é a parcela dos praticantes que tenta equiparar a astrologia à ciência

Sabe-se que a complexidade das ações sincronizadas durante a embriogênese depende grandemente de sistemas genéticos de regulação, além de fatores determinados pelo ambiente em que o embrião se encontra. Essa influência ambiental, no entanto, está restrita às condições existentes no entorno imediato do embrião. Apesar de intensos e exaustivos estudos realizados no âmbito da embriologia, ainda não foi possível identificar um processo sequer influenciado por objetos tão distantes quanto os astros do sistema solar. Tampouco foi caracterizado nos tecidos humanos um ‘astro-receptor’ (não confundir com os astrócitos do sistema nervoso) que esteja particularmente ativo no dia do nascimento.

Tais constatações seriam importantes para validar a astrologia, ou genetliologia, já que a interação entre astros e humanos constitui o cerne dessa vetusta ciência (para alguns) ou pseudociência (para outros). Segundo os astrólogos, o efeito genetlífico (relativo ao dia do nascimento) depende do posicionamento de objetos como o Sol, a Lua e os planetas no momento do parto, e determinaria, de um modo ainda opaco, o futuro dos indivíduos em sua rápida passagem pela Terra. Vista sob esse ângulo, a astrologia parece ter mais afinidade com as religiões, já

que permite aos interessados uma espiadela nos desígnios divinos.

Astrólogos mais moderados afirmam que os astros só governam o mundo elementar e que os humanos continuam a gozar do livre-arbítrio, ou seja, podem fazer opções. Nessa visão, os augúrios formalizados através dos horóscopos forneceriam apenas a base para evitar erros e não significariam um destino inexorável. Já os fundamentalistas são mais enfáticos no que diz respeito à tirania dos astros. Essa, é claro, não é a única divergência entre os astrólogos. Ao longo de sua trajetória, desde a Mesopotâmia, 16 séculos antes do atual calendário, a astrologia nunca foi muito regular. Os complexos cálculos e mapas astrais são passíveis de interpretações variadas, que acabam gerando um número enorme de previsões, muitas delas extravagantes e contraditórias. Se por um lado essa imprecisão pode minar a respeitabilidade da astrologia como um todo, por outro a própria diversidade acaba funcionando como uma forma de acomodar qualquer situação, para a satisfação geral dos que buscam orientação nos astros.

Longe de enumerar as abundantes inconsistências da astrologia, já suficientemente debatidas por luminares como o astrônomo norte-americano Carl Sagan (1934-1996), é válido perguntar a razão do persistente interesse nessa divinação. Se for encarada como uma atividade mística, a astrologia não mostra muita força, em termos quantitativos: pesquisas recentes revelaram que cerca de 30% da população mundial confia em suas previsões. Isso é pouco se comparado aos mais de 95% que acreditam em alguma forma de divindade.

O que preocupa é a parcela dos praticantes que tenta equiparar a astrologia à ciência. Esse contingente crescente já emplacou o ensino da astrologia em algumas universidades, não como um tópico da história da astronomia ou da antropologia cultural, como ocorre em universidades mais prestigiosas, mas como disciplina autônoma. Infelizmente, esse é o caso de várias universidades particulares brasileiras e uma pública, a Universidade de Brasília, que recentemente passou a ensinar a astrologia em um curso de extensão. Se essa idéia se propagar existe o risco real de se preterir a introdução de inovações acadêmicas sérias em nome de modismos que nada contribuirão para o mundo da ciência. No momento em que se inicia a discussão do Plano de Desenvolvimento da Educação é insensível dar espaço ao ocultismo. ■

# os desafios sistema

*O sistema penitenciário brasileiro vem sendo afetado, nos anos recentes, por mudanças como a criação do 'regime disciplinar diferenciado' para criminosos de alta periculosidade e a construção de presídios de segurança máxima. Muitos estudiosos, porém, defendem uma tendência oposta: a diminuição do recurso à pena de prisão para crimes menos graves e sua substituição, por exemplo, por penas alternativas, como a prestação de serviços comunitários, evitando a superlotação das unidades prisionais. Este artigo procura contribuir para o debate desse tema, de grande relevância no Brasil atual.*

**Antonio Rafael Barbosa**  
Núcleo Fluminense de Ensino e Pesquisa,  
Universidade Federal Fluminense



# do penitenciário brasileiro

No passado, a prisão já foi considerada um “símbolo da vitória sobre o vício”. Hoje, mergulhada nas sombras, sendo sucessivamente deslocada para as margens do espaço público, para as periferias dos centros urbanos, ela só ganha visibilidade em seus momentos de crise. Como foi o caso, em maio do ano passado, dos ataques a locais públicos, delegacias, policiais e agentes penitenciários, comandados de dentro de presídios, que paralisaram a cidade de São Paulo. Os presidiários são alvos de uma dupla exclusão: retirados do convívio social, também são submetidos a um silêncio forçado que os impede de comunicar sua visão sobre o que é a prisão, o que é estar encarcerado. “Preso desfruta a desgraça de sempre ser rotulado”, diz o ex-detento Willian da Silva Lima no livro *Quatrocentos contra um: uma história do Comando Vermelho*.

Recentemente, essa exclusão simbólica está diminuindo: o mercado editorial começa a enxergar nos relatos dos presos um ‘novo filão’; a indústria fonográfica investe no rap produzido dentro das cadeias; filmes e documentários buscam retratar a realidade carcerária (destaca-se, na recente produção, o excelente documentário *O prisioneiro da grade de ferro*, de Paulo Sacramento). Entretanto, os presos não são os únicos rotulados: a própria instituição e seus funcionários são postos sob um ▶

Superlotação das celas no Departamento de Polícia Judiciária (DPJ) de Vila Velha, no Espírito Santo

FOTÓGRAFO: MULLER / GABRIEL DE VITORIA/VE



Rebelião no presídio de Junqueirópolis (SP), em maio de 2006

véu de chumbo, possibilitando que se criem sobre eles os mais diversos preconceitos.

Não nos enganemos: essas idéias preconcebidas sobre o que é a prisão – e principalmente sobre o que ela ‘deve’ ser – não são ‘verdades desinteressadas’ e muito menos inócuas, já que produzem efeitos na formulação e condução das políticas governamentais. Daí porque um público bem informado pode, sem dúvida, influenciar na escolha do tratamento dispensado ao sistema penitenciário e, em consequência, ajudar a evitar o quadro de colapso que parece nos aguardar no futuro. Assim, o que vou procurar fazer aqui, brevemente, é contribuir para a ampliação do debate sobre as prisões no Brasil, apontando alguns pontos que permitam situar melhor a discussão para os leitores que não são especialistas no assunto.

## A PENA DE PRISÃO É RECENTE

O primeiro ponto a ser abordado diz respeito à posição central que a pena de privação da liberdade ocupa hoje em nosso panorama punitivo. Para muita gente, a pena de prisão sempre existiu e não há motivos para pensar que um dia isso vai ser diferente. É um engano. Essa pena é de existência recente. Até o estabelecimento do que podemos chamar de ‘modernidade penal’, que no Brasil começa a vigorar a partir de meados do século 19, o encarceramento

destinava-se à custódia do infrator até o seu julgamento ou até a aplicação das penalidades cabíveis. Estas eram a pena de morte (em suas várias modalidades); a pena de galés (transformada, depois, na obrigação de realizar serviços públicos); o degredo (banimento do infrator e impedimento do retorno à sua localidade de origem); os açoitamentos, mutilações e queimaduras; a exposição ao ridículo (o uso público de uma “capella [chapéu] de chifres na cabeça”, por exemplo, para os maridos condescendentes com o adultério da esposa) e outras. Tais penas são estipuladas no Livro V das Ordenações Filipinas, principal instrumento legislativo sobre o crime e sua punição em uso no Brasil durante praticamente todo o período colonial.

A privação da liberdade nem sempre existiu, como penalidade em si mesma, e não há garantias de que existirá perpetuamente. No dizer do filósofo francês Michel Foucault (1926-1984), a prisão é “a detestável solução de que não se pode abrir mão”. Mas, se realmente não sabemos o que colocar no seu lugar, hoje se espria o juízo de que o encarceramento deve ser o ‘último’ recurso à disposição da Justiça; não deve ser o principal ou o mais acionado. A descriminalização das condutas de menor potencial ofensivo, a aplicação de penas alternativas (especialmente as que implicam prestação de serviços à comunidade), o estímulo da ‘transação penal’ nos juizados especiais (cíveis e criminais) e a suspensão condicional da pena (conhecida como *sursis*) são os caminhos mais aventados, no momento, para evitar o encarceramento. Tais ações, que dependem, sobretudo, de uma reavaliação das práticas e valores compartilhados pelos operadores do sistema de justiça criminal, poderiam ter efeitos positivos sobre dois pontos críticos da atual administração penitenciária no país: a superlotação e a mistura de presos.

Atualmente, ao lado dessa tendência de diminuir o recurso à pena de prisão para crimes de menor potencial ofensivo, vemos, em especial no continente europeu, a afirmação de um conjunto de iniciativas com sentido oposto: o agravamento e o endurecimento das penas de prisão para transgressões definidas como graves. As duas tendências, tomadas em conjunto, são denominadas por alguns especialistas de “processo de bifurcação” ou “economia repressiva dual”. No Brasil, a influência desse modelo repressivo dual se revela na adoção do ‘regime

disciplinar diferenciado' para presos de alta periculosidade, no estabelecimento de unidades de segurança máxima nos estados, na construção da penitenciária federal de segurança máxima e no texto da nova lei de entorpecentes (que endurece o tratamento do tráfico e despenaliza o consumo).

## OBSTÁCULOS A UM NOVO MODELO

O exame do assunto pode ser aprofundado se considerarmos que, desde a sua origem, a pena de prisão deveria servir a quatro propósitos: 'retribuição' do dano cometido (a prisão deve ser lugar de expiação, conforme a etimologia da palavra 'pena', derivada do latim *poena*, que significa dor); 'correção' do indivíduo infrator, através do trabalho e do isolamento em condições de rígida disciplina e vigilância contínua (as primeiras prisões chamavam-se 'casas de correção', e hoje se utiliza a expressão 'ressocialização' para dar conta desse trabalho de reforma do indivíduo); 'dissuasão' (ela deve servir de exemplo aos demais para que não cometam crimes); 'incapacitação ou neutralização' (deve responder como um fator de redução das taxas de criminalidade, já que impede que o indivíduo ali custodiado cometa novos crimes).

É essa 'carta de princípios' da instituição prisional que está sendo modificada agora. Assim, na nova óptica, os cuidados com a ressocialização são deixados a cargo dos modelos alternativos de penalização, dirigidos aos transgressores considerados de baixa periculosidade, enquanto na outra ponta, nos presídios de segurança máxima (o modelo que serve de inspiração é aquele das prisões norte-americanas conhecidas como *supermaximum*), exerce-se a retribuição com força total. O que resulta, igualmente, no fortalecimento dos princípios da dissuasão e da incapacitação.

Pode-se gostar ou não desse modelo, mas o fato é que problemas graves impedem sua implantação no Brasil. Vejamos, passo a passo, quais são essas dificuldades. Em primeiro lugar, nossos fantasmas do passado: existe uma linha ininterrupta que liga as cadeias coloniais até as unidades prisionais contemporâneas. Como exemplo do que estou dizendo, basta examinar as críticas que nossos primeiros reformadores, aqueles que se encarregariam de inaugurar a 'modernidade penal' entre nós (durante as primeiras décadas do século 19), dirigiam aos antigos estabelecimentos coloniais. Esse era o seu conteúdo: ambiente infecto; mistura de presos; superlotação; arbitrariedade dos carcereiros; tortura,

castigos corporais e maus-tratos; ausência de trabalho; alimentação insuficiente; ausência de leitos ou 'tarimbas'; acesso dos presos a 'licores espirituosos'; intercâmbio constante entre os presos e os transeuntes (as grades das celas, em muitos lugares, davam diretamente para as ruas); subornos e fugas; presos em estado de seminudez; presos 'esquecidos' etc. Críticas, como se vê, válidas para muitas unidades prisionais brasileiras nos dias de hoje.

A pergunta é: como endurecer a disciplina, já que, em toda a sua história no Brasil, o modelo de instituição disciplinar, correccional – aquilo que deveria ser a prisão –, foi de difícil implementação? Esbarramos o tempo todo nesses dois limites, nessas duas linhas de alta tensão que restringem enormemente os sucessivos esforços de reforma do nosso sistema penitenciário: a corrupção endêmica (que não é exclusiva do sistema penitenciário – permeia todo o sistema de justiça criminal) e a prática coti-

Presos esperam revista em penitenciária de Franco da Rocha (SP) após protestos simultâneos em quatro presídios paulistas, em março de 2006

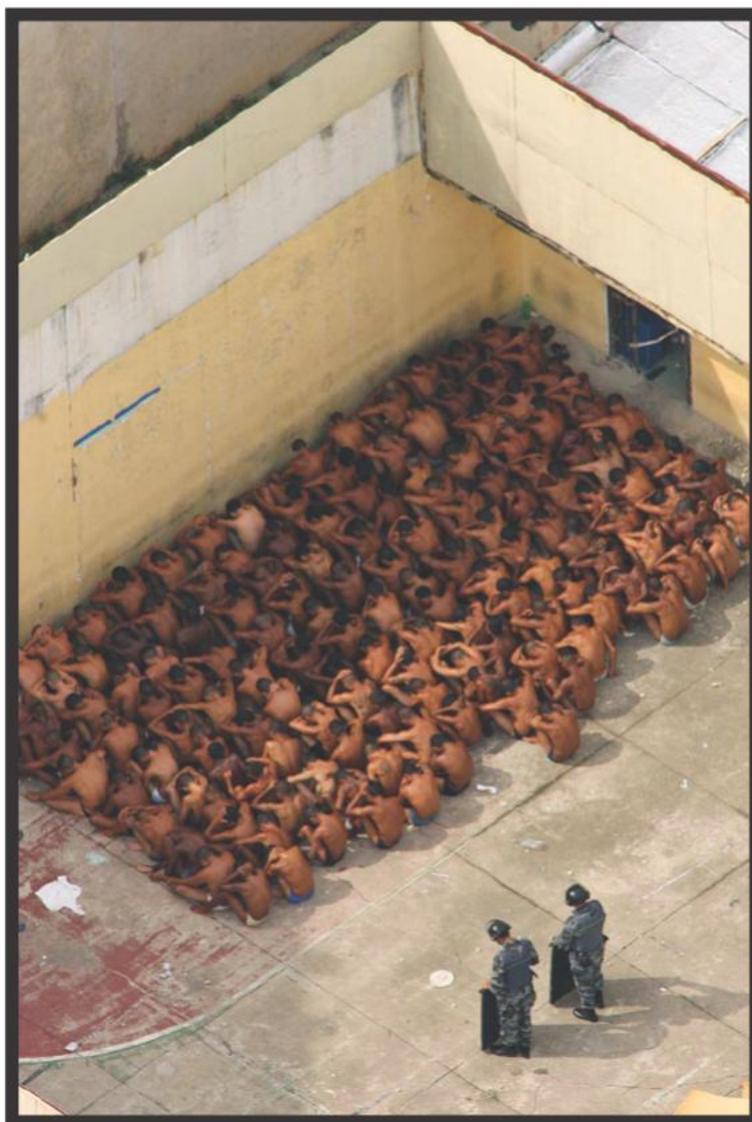




FOTO JAMIL BITTAR/REUTERS

Vista geral da penitenciária federal de segurança máxima inaugurada em Catanduvas (PR) em junho de 2006

diana da violência física e da tortura dentro das penitenciárias e carceragens policiais.

Esse esforço de endurecimento da disciplina também esbarra na nossa atual legislação. Esta não permite a adoção das medidas de isolamento previstas no modelo do 'regime disciplinar diferenciado' que se quer adotar em alguns estados. Tal regime impede o cumprimento de direitos dos presos garantidos pela Lei de Execução Penal (nosso principal instrumento normativo para a execução da pena de prisão), como o direito à visita e a prática de atividades que contribuam para sua ressocialização. Também contradiz, se prolongado por muito tempo, o regime progressivo de cumprimento da pena que caracteriza nosso modelo disciplinar.

## O PROBLEMA DA SUPERLOTAÇÃO

Outra questão importante é a superlotação das instituições prisionais. O quadro no Brasil é alarmante. Segundo os números do Departamento Penitenciário Nacional, do Ministério da Justiça, em 2005 cerca de 297 mil pessoas estavam custodiadas nos diver-

sos sistemas penitenciários estaduais brasileiros, que na verdade tinham capacidade prevista para, em conjunto, receber 207 mil presos. Existia no país, portanto, um déficit de 90 mil vagas. Além dos ocupantes dos presídios, cerca de 65 mil pessoas eram mantidas em carceragens policiais. Nesse caso, é o pior dos mundos, pois não são feitas estimativas da relação entre os números de vagas e de custodiados. Como também não se sabe quantos presos condenados em regime aberto ou semi-aberto ainda estão dentro das carceragens policiais.

Por que a superlotação é um problema? Em primeiro lugar, porque é indigno viver dentro de uma cela superlotada. Por vezes mesmo impossível – como revelam as narrativas sobre presos que morrem sufocados em carceragens policiais ou sobre o que ficou conhecido como 'loteria da morte' (na qual presos 'sorteados' são assassinados por colegas de cela). Fiel retrato do descumprimento dos direitos humanos, a superlotação, nas unidades do sistema penitenciário, também impede o mínimo cumprimento do que estipula a Lei de Execução Penal.

Um exemplo está na oferta aos presos de atividades laborativas, consideradas uma das principais estratégias de ressocialização. Sempre foi muito difícil oferecer esse tipo de atividade nas unidades penitenciárias brasileiras, e a superlotação só agrava-

va esse quadro. Ela também dificulta uma classificação adequada dos presos (de acordo com critérios que levem em conta o tipo de dano cometido, reincidência, periculosidade e outros), com a conseqüente separação e distribuição pelas unidades dos sistemas. O que acaba por confirmar a percepção da prisão como uma 'escola' ou 'universidade do crime', ao aproximar aqueles que cometeram pequenas infrações de presos que enxergam a prisão como mais uma etapa na construção de sua 'carreira criminal'. Obviamente, se não for possível fazer a classificação dos presos, não há como aplicar o modelo repressivo dual.

A solução para essa superlotação parece ser bem simples: construir mais estabelecimentos prisionais. O estado de São Paulo, líder nacional no quesito encarceramento (com 138 mil pessoas custodiadas nas penitenciárias e delegacias policiais) necessita, para dar conta da demanda atual, construir uma cadeia para 700 homens a cada mês. É possível? Mais do que isso: é desejável? É justo? Além disso, a dificuldade presente nesse tipo de solução está na constituição de um 'estado de emergência' contínuo, na transformação de medidas conjunturais em um padrão no qual o crescimento do parque carcerário é realimentado pelo recrudescimento das políticas de controle e captura, em um círculo vicioso sem fim. O problema está, se posso dizer assim, em confundir a sirene da ambulância com a sirene da polícia.

De fato, devíamos optar por iniciativas que caminhassem no sentido oposto. Em primeiro lugar, cabe realizar um levantamento criterioso dos processos de presos condenados para ver quais têm direito ao regime semi-aberto ou aberto e quais devem ser postos em liberdade. Esse número não deve ser pequeno. Em segundo lugar, estancar o crescimento contínuo da reclusão. Por mais que se construam cadeias, é impossível acompanhar a atual taxa de crescimento do número de encarceramentos (7% de 2004 para 2005, ou 25 mil novos presos).

Por que hoje se prende mais? Por que mais gente vai parar nas penitenciárias? São perguntas difíceis de serem respondidas. Não há como encontrar respostas válidas para todo o país, em função da especificidade do funcionamento do sistema de justiça criminal em nível estadual. Assim, é preciso considerar caso a caso. Sabemos, por exemplo, que não existe uma relação direta entre as taxas de criminalidade e taxas de encarceramento. Estados como o Rio e São Paulo, que têm, para o mesmo período, índices de criminalidade semelhantes, guardam entre si uma grande diferença no número de presos, considerando tais indicadores em termos proporcionais – em 2005, por exemplo, o número

de presos em São Paulo correspondia a 0,34% da população do estado, enquanto no Rio de Janeiro esse percentual era de 0,17% (portanto, a metade).

De todo modo, uma das explicações possíveis para o aumento do encarceramento no Brasil, nos últimos tempos, é o estabelecimento do que podemos chamar de uma 'cultura da emergência' no universo valorativo onde se movem nossos operadores da Justiça. Tribunais e juízes batem o martelo com força cada vez maior quando estão diante da arraia miúda que trafica a droga ou pratica pequenos assaltos, entupindo, em conseqüência, as prisões. Essa cultura da emergência nos coloca em sintonia com o que se passa nos Estados Unidos, onde se pode falar de uma hiperinflação carcerária gerada pela 'guerra às drogas' e baseada na ampliação da 'punitividade' (extensão do recurso à reclusão para um conjunto de crimes e delitos que anteriormente não incorriam em condenação a essa pena) e no aumento ostensivo dos períodos de reclusão. Situação que transformou a terceirização da administração penitenciária em um dos maiores e mais lucrativos negócios daquele país (no Brasil também existem iniciativas nesse sentido, principalmente no estado do Paraná, mas ainda são, comparativamente, ténues).

## NOVOS VALORES

Em resumo, seria necessário modificar esse universo valorativo, desconstruindo, principalmente, os estereótipos que fazem dos jovens, moradores de comunidades pobres (em muitos estados, negros), o alvo preferencial da captura policial e da punitividade penal. Seria necessário barrar, também aqui, antes que se torne hegemônico, o projeto neoliberal de 'criminalização da miséria' que hoje grassa nos Estados Unidos.

Assim, o que hoje encontramos pela frente é um trabalho árduo e problemas de difícil equacionamento. Contamos com uma trajetória, no tratamento dos assuntos carcerários, marcada pelo descaso governamental, por soluções paliativas e por uma tradição que diz que a cadeia é feita para os pobres. É necessário repensar os nossos valores e adotar políticas criminais adequadas. Dentro desse modelo repressivo dual, que procurei comentar aqui, parece-me que a ênfase deve ser posta nas propostas que conduzam ao desencarceramento e à redução da punitividade. Mas, acima de tudo, o que importa é trazer esse debate para o domínio público. Só assim, buscando o consenso, ouvindo a todos – em especial os funcionários dos sistemas prisionais e os presos – podemos construir uma sociedade mais justa. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BARBOSA, A. R.  
'Prender e dar fuga: biopolítica, sistema penitenciário e tráfico de drogas no Rio de Janeiro' (tese de doutorado em antropologia). Rio de Janeiro, Museu Nacional/UFRJ, 2005.
- LIMA, W. S.  
*Quatrocentos contra um: uma história do Comando Vermelho*. Rio de Janeiro, ISER, 1991.
- SALLA, F. A. *As prisões em São Paulo: 1822-1940*. São Paulo, Annablume/Fapesp, 1999.
- WACQUANT, L. *As prisões da miséria*. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 2001.

# O mundo invadido

## CONSEQÜÊNCIAS ATUAIS DAS INVASÕES BIOLÓGICAS



*As invasões de animais e plantas são apontadas hoje como a segunda maior causa de perda de biodiversidade nos ecossistemas naturais do mundo. Infelizmente, quando suas conseqüências se tornam perceptíveis, os danos, na maioria dos casos, já são irreversíveis. O Brasil não está livre desse tipo de problema: são conhecidas no país 126 espécies invasoras, a maioria introduzida intencionalmente – plantas agrícolas e ornamentais e animais de criação, por exemplo. A falta de políticas oficiais de prevenção e de estudos científicos em longo prazo contribui para o agravamento desse quadro.*

**Ana Cláudia Delciellos e Diogo Loretto**

Laboratório de Vertebrados, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Escutamos com frequência notícias sobre pestes** em cultivos agrícolas, novos vírus, proliferação excessiva de certos animais e plantas e outros acontecimentos que poderiam ser chamados de invasões. Em ecologia, ‘invasão biológica’ é definida como a chegada e a persistência de uma espécie em um hábitat no qual não era encontrada antes, muitas vezes com prejuízo para espécies nativas. Isso ocorre naturalmente, em todo o planeta, mas nos últimos tempos o ritmo das invasões biológicas intensificou-se, porque as atividades humanas aumentaram as possibilidades de introdução de espécies em novos ambientes.

O problema cresceu de tal forma que atualmente as invasões biológicas são reconhecidas, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (organização intergovernamental que promove a cooperação na área da preservação ambiental), como a segunda maior causa de perda de biodiversidade, superada apenas pela fragmentação de habitats. O Brasil não apenas sofre com organismos exóticos, mas também é fonte de invasores (ver ‘O país invadido’ e ‘Brasileiros invadindo’).

Todos os organismos são capazes de se deslocar no tempo e no espaço, seja andando, nadando, voando ou sendo transportados por algum agente (vento, água e outros). Tais deslocamentos podem ser



diários, como o retorno de pássaros e mamíferos a seus abrigos ou ninhos ao final do período de atividade. Mas se alguns indivíduos se dispersam para novas áreas, além dos limites do espaço em que vivem, encontrando um hábitat favorável e não retornando às áreas originais, a distribuição geográfica da espécie se expande.

No decorrer das eras geológicas, mudanças climáticas e geomorfológicas, como as glaciações e a formação de montanhas, criaram ou destruíram barreiras naturais, o que afetou a dispersão dos seres vivos e provocou a retração ou a expansão de suas distribuições geográficas e até o surgimento de novas espécies. Um recente e famoso exemplo, ocorrido há cerca de 3 milhões de anos, na época denominada Plioceno, foi o intercâmbio da fauna de mamíferos entre a América do Sul e a América do Norte após a formação do istmo do Panamá. Essas duas grandes regiões, antes isoladas por cerca de 60 milhões de anos, tinham faunas diferentes. A conexão pelo istmo produziu de início um aumento no número de famílias de mamíferos nas duas regiões, mas a interação entre espécies nativas e invasoras levou muitas à extinção, possivelmente devido à competição entre aquelas ecologicamente similares. Isso fez com que o número de famílias

caísse, em ambas as regiões, a níveis semelhantes aos de antes do intercâmbio, mas a composição de espécies apresentou uma acentuada mudança em relação à que existia quando as Américas estavam separadas.

Durante o Holoceno (época iniciada há cerca de 11 mil anos), o crescimento da população humana, a intensificação de suas atividades e, em tempos mais recentes, o avanço da tecnologia aumentaram o transporte de organismos para novas áreas, proposital ou acidentalmente. Com as grandes navegações e a colonização européia no Novo Mundo, surgiram os primeiros registros de invasões biológicas. Em 1769, a invasão e a extinção de espécies endêmicas na Nova Zelândia foram percebidas pelo capitão James Cook (1728-1779), navegador inglês. Nos anos 30 do século 19, o naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) registrou, durante visita à Argentina e ao Chile, a ocupação dos pampas pelo cardo (*Cynara cardunculus*), arbusto originário do Marrocos.

A questão, porém, só se tornou um tema científico importante a partir de 1958, quando o inglês Charles S. Elton (1900-1991), pioneiro da ecologia, lançou o livro *The ecology of invasion by animals and plants* (*A ecologia de invasões por animais e* ▶

O caramujo africano (*Achatina fulica*), introduzido no Brasil por criadores, é hoje um sério problema em muitas cidades do país

## O BRASIL INVADIDO

Algumas espécies introduzidas no país espalharam-se rapidamente, e hoje representam casos graves de invasão, como mostram os exemplos a seguir.

**Tilápia (*Tilapia rendalli*)** • Peixe fluvial africano, introduzido nos anos 70 e usado até por órgãos governamentais para repovoar rios, o que é crime ambiental. Muitas pessoas, mesmo as que vivem da pesca, acreditam que é nativa do país. O hábito onívoro, o comportamento oportunista e a grande capacidade reprodutiva a tornam prejudicial à diversidade de peixes nativos.

**Mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*)** • Originário da China, chegou ao país nos anos 90 na água de lastro de navios mercantes, a partir do delta do rio Jacuí (RS). Apresentou rápida proliferação, devido à grande capacidade de reprodução e à ausência de inimigos naturais, invadindo outras áreas e até entupindo tubulações de hidrelétricas. O controle é feito com o lançamento de hipoclorito de sódio em represas, com o uso de tintas antiincrustantes nos cascos das embarcações e, para evitar outras introduções, a água de lastro dos navios deve ser trocada três vezes a uma distância mínima de 200 milhas



da costa (ou em área com 200 m de profundidade).

**Algaroba (*Prosopis juliflora*)** • Originária do México, foi introduzida nos anos 40. Nos anos 60, expandiu-se pelo cerrado e pela caatinga graças a uma longa seca. A algaroba inibe a regeneração das plantas nativas, tornando-se dominante e reduzindo a biodiversidade. Embora prejudicial ao ecossistema, é importante para o homem do campo, pois fornece madeira, carvão, vagem para forragem e alimento (farinha) para a época da seca. O controle é mecânico (corte) ou químico (herbicidas).



**Caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*)** • Nativo do leste e do nordeste da África. Introduzido nos anos 80, está hoje por todo o país, segundo levantamento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) em 2004. Compete por espaço e alimento com as espécies nativas, causando perda de diversidade, e é considerado uma peste agrícola. O controle mais eficaz é a coleta manual, com uso de luvas ou sacos plásticos nas mãos (pois são transmissores de doenças), e incineração dos indivíduos e seus ovos.

plantas). Nesse trabalho, Elton listou e analisou casos de invasões ocorridos até os anos 50, mostrando preocupações ecológicas que só foram receber atenção mais de 20 anos após a publicação da primeira edição do livro, como destaca o zoólogo norte-americano James E. Byers (em resenha sobre a reedição do livro em 2000). De fato, Elton fez previsões e alertou para o problema crescente das invasões biológicas. Seus alertas de quase 50 anos atrás ainda são válidos, pois esse problema só recentemente passou a ter atenção política mundial.

Atualmente, as invasões biológicas têm causas diversas. Muitas espécies são levadas a outras áreas por serem empregadas em atividades econômicas (agricultura, pecuária e piscicultura). O mesmo ocorre com os animais de estimação obtidos através do tráfico ilegal de animais ou com as plantas ornamentais. Outros podem ser transportados acidentalmente na água de lastro de navios ou através das estradas e em aviões (inclusive por turistas). A agricultura é, historicamente, um fator importante de disseminação de espécies. No Brasil, por exemplo, muitas das principais culturas agrícolas têm

origem em outras regiões do mundo, como o trigo (proveniente da Ásia), o arroz (das Filipinas), a cana-de-açúcar (da Nova Guiné) e a soja (da China).

## COMO OCORRE A INVASÃO

O processo de invasão biológica é dividido em três etapas: estabelecimento, expansão e saturação. O estabelecimento é uma etapa crítica e demorada, porque a espécie invasora se adapta aos poucos às novas condições ambientais. Na maioria dos casos, as invasões são iniciadas por poucos indivíduos, e as populações que estes formam, ainda pequenas, podem ser extintas antes que consigam se estabelecer com sucesso.

As espécies invasoras bem-sucedidas na fase de estabelecimento geralmente apresentam, em comparação com as espécies nativas, características como maior fertilidade, maior taxa de sobrevivência de-

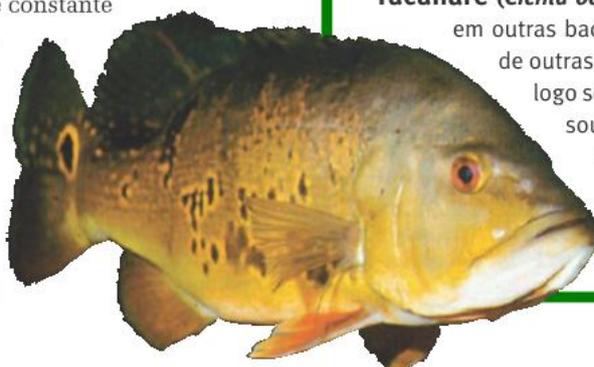
RAIMOND SPEKING, WIKIMEDIA COMMONS



O sagüi-de-tufo-branco, nativo do Nordeste, é hoje encontrado em matas do Sudeste, onde compete com outras espécies

vido à ausência de predadores naturais, grande capacidade de dispersão, maior eficiência na exploração dos recursos comuns e reprodução vegetativa (no caso das plantas). Da mesma forma, existem ambientes mais suscetíveis às invasões, como os isolados e com baixa riqueza de espécies (que permitem a invasão pela não saturação das funções ecológicas locais), os que têm meio físico semelhante ao das áreas de origem dos invasores e aqueles perturbados (onde extinções locais e/ou explorações excessivas reduziram a diversidade).

Após o estabelecimento na nova área, a espécie invasora começa a expandir a sua distribuição geográfica para habitats favoráveis circundantes. Essa etapa é classificada em três tipos, em função da razão entre distância percorrida e tempo. No primeiro tipo, o invasor amplia sua distribuição geográfica a uma velocidade constante em todas as direções, como ondas provocadas por uma pedra caindo na água. No segundo, a expansão tem duas fases distintas: é lenta, no início, mas em seguida se torna mais rápida. Já no terceiro ▶



## BRASILEIROS INVADINDO

Algumas espécies nativas também se tornaram problemas, seja no próprio território brasileiro ou no exterior.

**Sagüi-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*)** • Originário do Nordeste, onde habita as formações arbóreas da caatinga e do cerrado, chegou ao Sudeste devido ao tráfico de animais (é vendido como animal de estimação). De grande capacidade adaptativa e competitiva, ocupou o espaço antes habitado por *C. aurita* em áreas de mata ecologicamente perturbadas.

**Lava-pé (*Solenopsis invicta*)** • Formiga do cerrado brasileiro que invadiu os Estados Unidos nos anos 40. Onívora, afeta as populações de animais silvestres, a agricultura e a criação de animais, além de ser competitivamente superior a muitas formigas nativas. Também cria pulgões, que atacam plantas, facilitando pestes agrícolas. Em humanos, suas picadas causam intensa sensação de queimadura. No Brasil, a lava-pé é controlada, entre outros agentes, por moscas do gênero *Pseudacteon*, que a parasitam.

**Tucunaré (*Cichla ocellaris*)** • Peixe amazônico, foi introduzido em outras bacias hidrográficas do país. Por se alimentar de outras espécies de peixes e ter reprodução rápida, logo se torna um predador de topo de cadeia. Causou perda de diversidade em bacias como as dos rios Paraná e São Francisco e até no Pantanal. Em bacias menores também é bem-sucedido e pode provocar a extinção de inúmeras espécies.

AD KONINGS

A mariposa *Cactoblastis cactorum*, usada na Austrália para combater a invasão por cactus, tornou-se um problema em outras áreas onde foi introduzida

tipo a taxa de expansão geográfica cresce de modo contínuo com o tempo, ou seja, a invasão é cada vez mais acelerada. A última etapa do processo é a saturação, que acontece quando o invasor chega a um limite geográfico ou não há mais hábitat favorável.

A espécie invasora estabelecida interage de várias formas com as nativas: pode ser uma predadora e atacar diretamente as locais (como peixes carnívoros levados para áreas onde não existiam), pode competir com as espécies nativas por espaço e/ou recursos (como algumas gramíneas utilizadas em pastagens) e pode gerar epidemias ou pestes na agricultura (como os insetos que transmitem vírus e bactérias patogênicos). As conseqüências finais do processo de invasão são diversas, como perda de biodiversidade por extinções locais e/ou regionais e alterações estruturais e funcionais nas cadeias alimentares e nas comunidades animais e vegetais.

A competição – por exemplo – entre uma espécie invasora e uma nativa com necessidades ecológicas semelhantes, pode levar a três resultados: 1) a invasora expande sua distribuição geográfica, deslocando a nativa e se tornando dominante; 2) as duas coexistem, se a competição não é agressiva; ou 3) a invasora consegue sobreviver em áreas de hábitat que surgem ocasionalmente ou periodicamente se for a mais fraca em termos competitivos. No caso de plantas invasoras, as conseqüências podem ser alterações no regime de fogo, no ciclo hidrológico, na quantidade de água no solo, na composição e disponibilidade de nutrientes, na sucessão de espécies, nas relações entre as plantas nativas e polinizadores, no banco de sementes e na fitofisiologia da região invadida, entre outros aspectos.

As espécies invasoras podem ser classificadas em três grupos, de acordo com a situação da introdução: 1) detectada, se for encontrada em apenas uma localidade de um país; 2) estabelecida, se identificada em diversas localidades em um país; e 3) peste, se ocupar extensas áreas e causar danos ao meio ambiente, à saúde e à economia. Prevenir a entrada de organismos vindos de outros países (ou, dentro do território nacional, vindos de outras áreas) evita gastos com controle e erradicação, além das perdas econômicas causadas por eles. Entre as medidas de prevenção mais comuns estão a quarentena e a educação do público. A primeira é há muito tempo usada para evitar epidemias e a segun-



WWW.VIRTUALHERBARIUM.ORG/G.F.GUALA

da é fundamental para diminuir a desinformação e minimizar as chances de invasões acidentais.

Quando uma invasão é identificada, seu controle pode ser mecânico, através de caça, coleta e outras formas; químico, com herbicidas, inseticidas etc.; e/ou biológico, por meio da ‘invasão planejada’ (ver ‘Contra o invasor, outro invasor’). O controle mecânico é efetivo e ajuda a chamar a atenção do público para o problema. Na maioria das vezes, seus principais problemas são a dificuldade de encontrar a espécie alvo e o custo associado, se a espécie já ocupa grandes áreas. Controles químicos normalmente envolvem o uso de herbicidas contra pestes agrícolas, mas são perigosos para humanos e para as outras espécies. Já o controle biológico é eficiente quando bem executado. Entretanto, é muito difícil erradicar uma espécie invasora, o que em geral só é possível com detecção precoce e rápido investimento econômico.

Uma preocupação recente, nesse campo, é a avaliação do potencial invasor de organismos geneticamente modificados (OGMs), ou seja, nos quais foram introduzidos genes de outras espécies, visando dotá-los de alguma característica que não tinham. Investe-se muito capital na criação, por exemplo, de plantas resistentes a pragas e pesticidas, ou que sejam mais produtivas e/ou nutritivas, e já existe grande variedade de alimentos (conhecidos como transgênicos) obtidos a partir delas – soja e milho geneticamente modificados já fazem parte de produtos vendidos em qualquer supermercado. Uma questão, porém, continua sem resposta: o quanto essas plantas podem ser prejudiciais aos ecossistemas naturais? Apenas com estudos de

## CONTRA UM INVASOR, OUTRO INVASOR

A 'invasão planejada' é um tipo de controle biológico usado contra espécies com crescimento anormal – caso das espécies invasoras bem-sucedidas. Para isso, uma segunda espécie (predador ou parasita) com alta especificidade em relação à invasora é introduzida na mesma área. Um exemplo bem-sucedido foi a introdução, em 1927, na Austrália, da mariposa *Cactoblastis cactorum*, nativa da Argentina, para controlar a proliferação de cactos do gênero *Opuntia*, originários da América do Sul, introduzidos como plantas ornamentais. As lagartas dessa mariposa alimentam-se do cerne dos cactos, o que levou a uma redução quase total das populações destes, permitindo que grandes extensões de terra voltassem a ser cultivadas. Graças a esse sucesso, a mariposa foi levada também para o Caribe, o Havaí e a Índia, que enfrentavam o mesmo problema. No entanto, o aumento artificial da distribuição geográfica de *C. cactorum*, aliado à sua grande ca-

pacidade de dispersão, a levou a países como os Estados Unidos, onde se tornou peste, ameaçando espécies nativas de cactos. Se a invasão planejada não é bem-sucedida, o problema pode aumentar, com os danos causados também pela espécie 'controladora'. Um exemplo foi a introdução de caramujos que comem outros caramujos – majoritariamente *Euglandina rosea* – em ilhas da Índia para tentar controlar *Achatina fulica*. Além de não realizar o controle previsto (por não ser predador de *A. fulica*), *E. rosea* passou a consumir os caramujos nativos das ilhas. Na verdade, são poucos os casos de invasão planejada bem executados e com êxito, pois raramente são efetuados testes e estudos antes e depois da soltura. Sem entender os processos ambientais e demográficos por trás da dinâmica das espécies invasoras e suas relações com o ambiente invadido, os resultados desse tipo de interferência são imprevisíveis.

longo prazo será possível entender o potencial invasor de cada organismo modificado. No Brasil, a análise e liberação da produção e da comercialização desses organismos cabe à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

## SITUAÇÃO ATUAL NO BRASIL

Até agora, foram identificadas no território brasileiro 126 espécies invasoras vindas de outros países ou outras regiões internas (40 espécies de animais terrestres, 68 de vegetais terrestres e 18 de animais aquáticos), que provocaram a extinção, nas áreas em que foram introduzidas, de mais de 45 espécies nativas. A maioria dos vegetais invasores (90%) e parte dos animais (23%) foram trazidas para o país intencionalmente. Além disso, algumas endemias brasileiras são originárias de outros continentes, como a dengue (doença asiática), que tem como vetor no país o mosquito *Aedes aegypti* (invasor de origem africana).

Esse problema começou a ser tratado pelo governo brasileiro mais diretamente em 2005, quando ocorreu o 1º Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras, organizado pelo Projeto de Conservação Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (Probio-MMA) e pelo Ibama. Nesse evento, estudiosos e governantes discutiram meios e metas a serem seguidas para a compreensão e a

solução dos problemas relacionados às espécies invasoras. Como produto principal do simpósio, o MMA lançou o livro *Espécies exóticas invasoras: situação brasileira*, que trata das ações previstas do governo federal sobre o tema. No livro são tratadas questões como a definição de uma espécie invasora, além de um primeiro diagnóstico sobre a distribuição das espécies invasoras no país. Isso permitirá que novas políticas de prevenção, controle e erradicação das espécies exóticas invasoras sejam desenvolvidas pelo governo federal. Por fim, o governo brasileiro sugeriu a instauração de uma câmara técnica permanente sobre espécies exóticas invasoras, que seria um fórum específico para debates sobre o tema. Atualmente, o Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental é um dos responsáveis pelo levantamento e base de dados das espécies invasoras exóticas no país.

No cenário mundial, a degradação ambiental decorrente das invasões biológicas fez com que esse problema fosse considerado um dos mais importantes agentes de mudança global de causas humanas, sendo equiparado às mudanças climáticas e à ocupação do solo. No entanto, a maioria dos países que enfrentam invasões ainda não despertou para a importância da questão, e estudos acurados e políticas de prevenção que retratem a situação real são escassos. Esse é um problema de âmbito mundial, e deve ser tratado com uma estratégia comum, proposta já defendida em conferências da Organização das Nações Unidas.



### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BELTON, C. S. *The ecology of invasion by animals and plants*. Chicago, The University of Chicago Press, 2000.
- RICKLEFS, R. E. 'História e biogeografia', in *Economia da natureza*, Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 2003.
- SHIGESADA, N. & KAWASAKI, K. *Biological invasions: theory and practice*. Nova York, Oxford University Press, 1997.
- ZILLER, S. R. 'Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica', in *Ciência Hoje*, v. 30, nº 118, p. 77, 2001.

*O tecido adiposo, formado por células que armazenam gorduras, é mais do que apenas excesso de bagagem. É o que revelam pesquisas recentes, segundo as quais as células adiposas liberam vários compostos que regulam a ação da insulina, hormônio que promove a redução dos níveis sanguíneos de glicose. Descobriu-se também que a captação da glicose e o metabolismo desta no tecido adiposo exercem importante papel na manutenção da concentração adequada desse açúcar no organismo. Tais achados sugerem que esse tecido atua como um órgão do sistema endócrino (responsável pela produção de hormônios), comunicando-se com os demais tecidos para evitar desequilíbrios no teor de glicose. O maior conhecimento sobre esse mecanismo pode ajudar a encontrar novas formas de combater o diabetes e outras doenças associadas à obesidade.*

**Adilson Guilherme**

*Programa de Medicina Molecular,  
Escola Médica da Universidade  
de Massachusetts (Estados Unidos)*

# Tecido



# adiposo

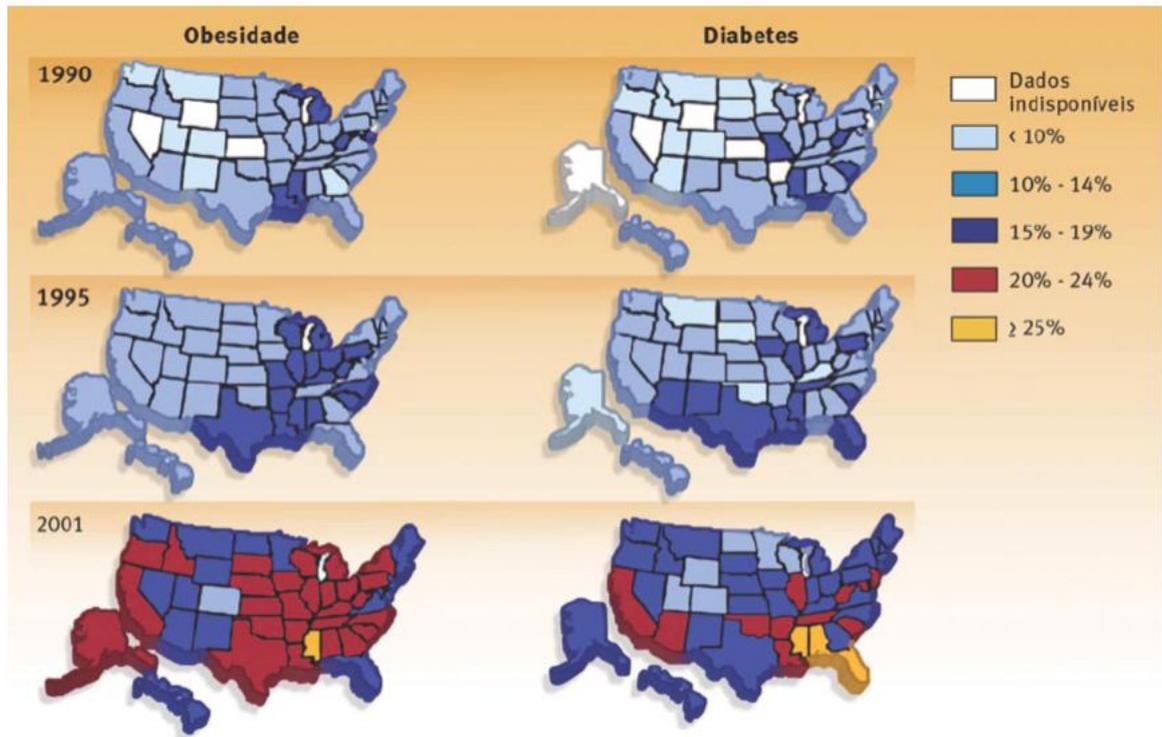
## Papel central no controle da glicemia

**Até recentemente acreditava-se que o tecido adiposo** tinha apenas a função de armazenar lipídios (ou seja, gordura), servindo como uma reserva energética para situações de emergência, como a de falta de alimento. No entanto, novas pesquisas vêm mudando essa idéia, ao revelar que os adipócitos – as células de gordura – têm importante participação nos mecanismos que regulam a concentração da glicose no sangue. Essa atuação recém-descoberta do tecido adiposo também está relacionada ao diabetes melito tipo 2, doença caracterizada pelo excesso de açúcares no sangue (hiperglicemia) e decorrente de uma resistência à ação da insulina associada a uma incapacidade de produção desse hormônio pelas células beta ( $\beta$ ) do pâncreas.

Os novos estudos revelaram que os adipócitos produzem e liberam no sangue dezenas de diferentes fragmentos de proteínas (peptídios) que agem como hormônios ou agentes inflamatórios (citocinas) e regulam a ação da insulina nos outros tecidos. Constataram ainda que a captação da glicose e o seu metabolismo no tecido adiposo desempenham um papel relevante na manutenção da homeostasia desse açúcar (manutenção de níveis constantes e adequados deste no meio interno). Quando a captação de glicose pelo adipócito é impedida, por exemplo, ocorre resistência à insulina no tecido muscular. Já o maior uso de glicose no tecido adiposo leva a ▶

RON BOARJMAN, FRANK LANE PICTURE AGENCY/COMBIS/ISTOCK

Figura 1. A evolução da obesidade e do diabetes no território dos Estados Unidos – os dados referem-se ao percentual da população acima de 20 anos com diagnósticos positivos e os de obesidade referem-se a pessoas com índice de massa corporal  $\geq 30$  – mostra que esses dois problemas de saúde estão interligados



um aumento significativo da sensibilidade à insulina e da tolerância à glicose. É como se as células de gordura tivessem um ‘sensor de glicose’ que, ao ser ativado pela entrada desta, levasse essa célula a transmitir sinais (hormônios) capazes de regular a ação da insulina no músculo e em outros tecidos.

Em conjunto, esses achados sugerem que a secreção de peptídios bioativos e o metabolismo da glicose nas células adiposas fazem parte do mecanismo através do qual o corpo mantém o controle glicêmico. Uma falha no controle desses processos parece estar associada ao surgimento de doenças como o diabetes tipo 2, e um exemplo disso está no fato de a obesidade, principalmente a abdominal, estar entre os maiores fatores de risco para essa forma de diabetes. Acredita-se que, no obeso, a resistência à insulina seja induzida pela incapacidade do tecido adiposo de controlar o fluxo metabólico da glicose e a secreção das moléculas (ácidos graxos livres e citocinas) implicadas nessa resistência, o que levaria, com o tempo, ao diabetes tipo 2.

## O diabetes melito

O nome diabetes melito é dado a um grupo de doenças metabólicas causadas por defeitos no controle da glicemia. O diagnóstico é feito ao se constatar um aumento no nível de glicose sanguínea, ou seja, hiperglicemia. Esse aumento no teor de glicose decorre de uma deficiência na produção de insulina

pelas células  $\beta$  do pâncreas e/ou devido a uma deficiência na ação desse hormônio e na sensibilidade a ele por parte do fígado e dos tecidos muscular e adiposo. Quando não controlado, o diabetes provoca várias complicações no organismo, que podem levar à morte.

As formas mais frequentes de diabetes são as dos tipos 1 e 2. O diabetes tipo 1, chamado até recentemente de diabetes ‘dependente de insulina’, manifesta-se quando o sistema imune destrói as células  $\beta$  do pâncreas, que produzem a insulina e a lançam (secretam) na corrente sanguínea. Nesse caso, a deficiência de insulina é total, e os pacientes precisam receber periodicamente doses desse hormônio (hoje já produzido artificialmente). De todos os casos de diabetes diagnosticados hoje no mundo, de 5% a 10% correspondem ao tipo 1.

No diabetes tipo 2, conhecido anteriormente como ‘não dependente de insulina’, ocorre uma deficiência na ação da insulina nos tecidos onde esse hormônio atua. No fígado e nos tecidos muscular e tecido adiposo nota-se, nesse caso, uma resistência à insulina circulante. Para compensar a resistência, as células  $\beta$  passam a secretar mais insulina, no início da doença, o que leva a um aumento exacerbado da concentração do hormônio na corrente sanguínea, ou hiperinsulinemia. Com a progressão da doença, porém, observa-se também que os tecidos reduzem sua capacidade de responder a esse aumento da insulina no sangue. Aos poucos, aumentam a disfunção das células  $\beta$  e a insuficiência na secreção de insulina, agravando a doença. Entre 90% e

95% dos casos de diabetes diagnosticados são do tipo 2 e, ao contrário do que ocorre com o tipo 1, a maioria dos pacientes com diabetes tipo 2 apresenta obesidade abdominal.

## Números alarmantes

Hoje, mais do que nunca, entender as causas do diabetes e identificar os fatores de risco que levam à doença são tarefas fundamentais. Isso porque o diabetes tipo 2 constitui, juntamente com a obesidade, uma epidemia global e um grave problema de saúde pública a ser solucionado. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2025, em todo o mundo, 300 milhões de pessoas (número maior que a população do Brasil) terão esse tipo de diabetes, e os jovens constituirão a maioria dos pacientes. No presente, os dados sobre a doença já são alarmantes. No Brasil, por exemplo, a diabetes era encontrada, em 2000, em 4,3% dos adultos acima de 20 anos. Entretanto, estima-se que essa prevalência crescerá para 7% em 2030.

O diabetes, segundo o Banco de Dados do Sistema Único de Saúde (Datasus), é o quinto principal motivo de hospitalização no Brasil e está entre as dez maiores causas de mortalidade no país, contando todas as causas. Já nos Estados Unidos, o diabetes foi identificado em 2000 como a sexta causa de mortes por doenças na população. De fato, o risco de morte do diabético é duas vezes maior quando comparado ao de um indivíduo não diabético.

Cerca de 20,8 milhões de norte-americanos (7% da população) são afetados pelo diabetes. O que mais surpreende é que, desse total, praticamente um terço desconhece sofrer da doença. Sem controlar o desequilíbrio na glicemia, essas pessoas tendem a apresentar crescentes complicações.

A ausência de controle do diabetes tem graves conseqüências, como cegueira (por retinopatia e catarata), insuficiência renal, complicações cardiovasculares, hipertensão arterial, infarto do miocárdio (a doença coronariana é duas a três vezes mais freqüente nos diabéticos) e lesões no sistema nervoso. A doença também ocasiona gangrena, com a conseqüente amputação dos membros inferiores, uma vez que a arteriosclerose é acelerada e a circulação arterial nos pés e nas pernas é em geral reduzida nos diabéticos.

Diante de todas essas complicações, entende-se porque os custos públicos com o diabetes são tão elevados. Para se ter uma idéia, somente em 2002, de acordo com a Associação Americana de Diabetes, os Estados Unidos gastaram US\$ 132 bilhões com essa doença – US\$ 92 bilhões destinaram-se a cus-

tos médicos e US\$ 40 bilhões ao pagamento de salário-desemprego, pensões por invalidez e custos indiretos por mortes atribuídas ao diabetes. Portanto, a identificação dos fatores de risco que induzem o diabetes, assim como o melhor entendimento da fisiopatologia dessa doença, têm grande importância para as políticas de saúde pública. Acredita-se que um conhecimento mais aprofundado dos mecanismos moleculares envolvidos na patogenia do diabetes abrirá caminho para o desenvolvimento, no futuro, de melhores estratégias para prevenir e combater a doença, reduzindo os gastos públicos e, em última análise, beneficiando a população.

## Diabetes e obesidade

Como já mencionado, um dos principais fatores de risco que leva a resistência à insulina e ao diabetes tipo 2 é a obesidade abdominal. Nos países industrializados, onde há alimento em abundância e a prática de exercícios físicos é limitada, é notória a presença de epidemias de obesidade e diabetes. Uma análise do percentual de obesos residentes nos Estados Unidos, entre 1990 e 2001, ilustra de forma dramática o aumento paralelo do número de pessoas obesas e de diabéticos (figura 1). Essa relação direta torna razoável supor que uma disfunção do tecido adiposo estaria comprometendo o controle glicêmico e causando diabetes.

Mas quais são os órgãos e tecidos que participam do controle glicêmico? Como a obesidade causa resistência à ação da insulina, hiperglicemia e, em conseqüência, o diabetes? Como o mau funcionamento do tecido adiposo, em nível molecular, leva ao diabetes tipo 2? Pesquisas recentes revelaram que o tecido adiposo participa do controle da glicemia de três formas: 1) ao captar e metabolizar a glicose, 2) ao estocar apropriadamente os ácidos graxos livres, evitando assim que venham a se acumular em outros tecidos, e 3) ao produzir e liberar moléculas que ajudam a regular a ação da insulina no organismo.

## A glicose e o adipócito

A homeostasia de glicose corporal é regulada principalmente pela insulina. Esse hormônio interfere na síntese e na estocagem de proteínas, lipídios e carboidratos (em especial a glicose), e ainda inibe o retorno dessas moléculas à circulação sanguínea. Um aumento dos níveis de glicose no sangue, como ocorre após uma refeição rica em açúcares, é o sinal que leva as células  $\beta$  do pâncreas a produzir e libe- ▶

rar insulina. Uma vez liberada, ela age no fígado, inibindo a síntese de glicose por células desse órgão (gliconeogênese) e sua liberação na corrente sanguínea (figura 2).

Nos tecidos adiposo e muscular, a insulina estimula a captação de glicose do sangue. Isso acontece porque a presença de insulina provoca, nas células desses tecidos, a translocação do transportador de glicose do tipo 4 (conhecido pela sigla Glut4, do inglês *glucose transporter*) de um compartimento no citoplasma para a superfície celular (ver 'RNA de interferência', em CH nº 236). Nessa posição, o transportador pode ligar-se à glicose do sangue e trazê-la para dentro da célula. O Glut4 é expresso especificamente nos músculos esquelético e cardíaco e no tecido adiposo. A captação de glicose no músculo e no tecido adiposo, por esse transportador, é severamente comprometida quando ocorrem resistência à ação da insulina e hiperglicemia. Portanto, as células β do pâncreas, o fígado e os tecidos muscular e adiposo estão diretamente envolvidos no controle glicêmico.

Os músculos esqueléticos (os do sistema locomotor) são os principais sítios de captação de glicose estimulada pela insulina, enquanto o tecido adiposo colabora com apenas 20% do total dessa captação. Embora essa parcela pareça pequena, pesquisas recentes trouxeram revelações surpreendentes sobre a importância dessa 'colaboração' do tecido adiposo para o controle da glicemia. Em um desses estudos, o gene que codifica o transportador Glut4 exclusivamente no tecido adiposo de camundongos foi 'desligado' ou 'nocauteado', mas sua expressão nos músculos esquelético e cardíaco foi

mantida intacta. Isso causou, nesses animais, intolerância à glicose e resistência à insulina no músculo. Já camundongos com mutações que provocam um aumento da expressão de Glut4 exclusivamente no tecido adiposo são mais sensíveis à insulina e mais tolerantes à glicose.

A entrada de glicose no adipócito, portanto, parece controlar a secreção, por essa célula, de fatores que regulam a ação da insulina em outros tecidos. Resultados de pesquisas publicados recentemente pela médica endocrinologista norte-americana Barbara Kahn, líder de um laboratório vinculado à Escola Médica da Universidade Harvard, são coerentes com essa proposição. Essa pesquisadora mostrou que impedir o transporte de glicose no adipócito induz o aumento dos níveis sanguíneos da proteína ligante do retinol-4, um fator inibidor da ação da insulina no fígado e músculo.

Em conjunto, essas descobertas destacam a importância do transporte e do metabolismo de glicose que ocorrem no tecido adiposo, confirmando a contribuição deste para a manutenção do equilíbrio glicêmico.

## Ácidos graxos livres

Uma função conhecida do tecido adiposo é a captação de ácidos graxos livres presentes no sangue, seguida da transformação química dessas moléculas, através do processo de esterificação, e de sua estocagem na forma de triacilgliceróis (um dos tipos de gordura existentes no organismo). Por sua vez, os triacilgliceróis armazenados nos adipócitos servem como fonte de energia para outros órgãos: esses compostos são reutilizados após serem quebrados em ácidos graxos livres e glicerol e liberados na corrente sanguínea.

Quando esse equilíbrio entre a síntese e a quebra dos triacilgliceróis é alterado, a concentração de ácidos graxos livres na circulação aumenta consideravelmente, e em conseqüência esses compostos se acumulam em outros tecidos, como o fígado e os músculos e as células β, fenômeno chamado de lipotoxicidade. O excesso desses compostos nos músculos e no fígado compromete severamente a sensibilidade à insulina nesses órgãos, além de inibir a secreção do hormônio pelas células β. Observada com frequência em pacientes obesos, a lipotoxicidade inibe a ação da insulina nos tecidos periféricos. Nos músculos, por exemplo, há uma sensível redução da captação de glicose pelo Glut4 (figura 3). Isso acontece porque o excesso de ácidos graxos livres ativa proteínas quinases, que modulam negativamente a sinalização da insulina. Essas qui-

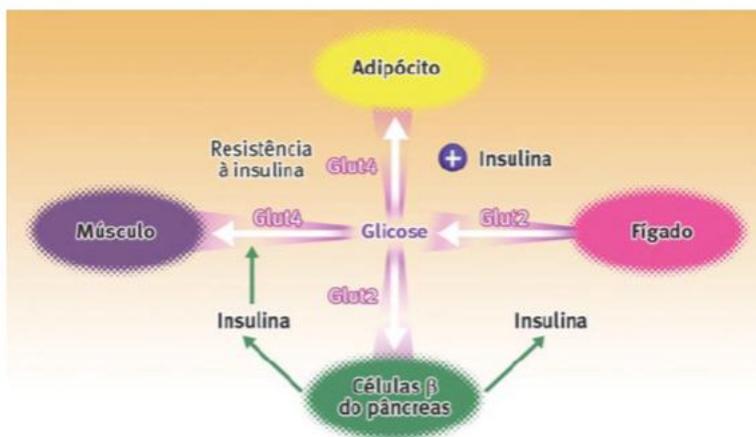


Figura 2. Principais órgãos e tecidos envolvidos no controle da glicemia. O aumento da glicose sanguínea estimula a secreção, pelas células β do pâncreas, de insulina, que então inibe a liberação de glicose pelo fígado (através do transportador Glut2). O aumento da captação de glicose no músculo e no tecido adiposo (pelo transportador Glut4) também é estimulado pela insulina secretada. Na resistência à insulina (em vermelho), a ação do hormônio em adipócitos, músculos e células hepáticas fica comprometida

nases impedem a ativação da proteína (chamada substrato do receptor de insulina, ou IRS) responsável por iniciar, nas células, a cadeia de sinais que culmina na captação de glicose pelo Glut4, impedindo o processo.

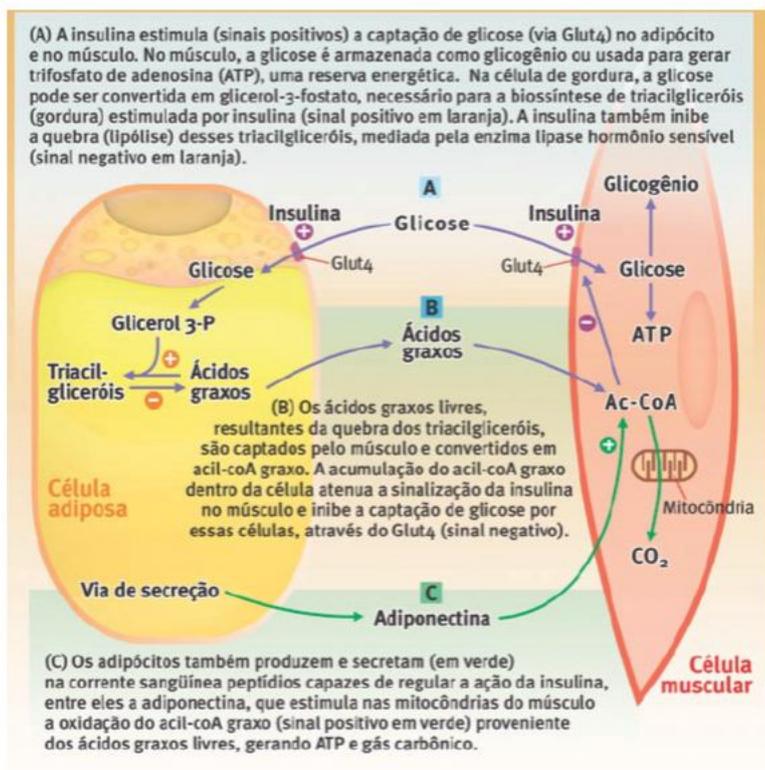
Pessoas obesas apresentam ainda, na corrente sanguínea, maior concentração de citocinas (agentes inflamatórios), entre elas o chamado fator de necrose tumoral alfa (TNF $\alpha$ ), proteína envolvida na reação do organismo contra infecções ou distúrbios internos (como o câncer). Esse aumento de citocinas circulantes também estimula a quebra dos triacilgliceróis (lipólise) e a liberação de ácidos graxos. Além disso, estudos mais recentes revelaram que a gordura abdominal é muito mais sujeita à degradação dos triacilgliceróis que os outros depósitos de gordura no organismo.

Acredita-se que os ácidos graxos vindos da gordura abdominal tenham papel decisivo no surgimento da resistência à ação da insulina nos tecidos, principalmente no fígado. Portanto, na obesidade, a incapacidade do tecido adiposo de estocar de modo apropriado os ácidos graxos (na forma de triacilgliceróis), associada ao aumento da lipólise induzida por citocinas, leva à inibição da ação da insulina em órgãos e tecidos periféricos. Esse desequilíbrio nos níveis de ácidos graxos livres circulantes, com conseqüente acumulação desses compostos em outros tecidos, constitui uma das bases moleculares que ligam a obesidade à diabetes tipo 2.

A captação e o metabolismo de glicose no adipócito – detalhados na figura 3 – favorecem a formação de compostos metabólicos intermediários (entre eles o glicerol-3-fosfato) que participam da reação de esterificação de ácidos graxos, permitindo sua estocagem na forma de triacilgliceróis. Assim, qualquer deficiência nesse processo reduz a síntese de triacilgliceróis, o que contribui para aumentar o teor de ácidos graxos livres circulantes e para inibir a ação da insulina nos tecidos.

## Função endócrina

Outra importante propriedade do tecido adiposo é sua capacidade de secretar moléculas protéicas, as adipocinas, capazes de atuar como hormônios, agentes inflamatórios e reguladores da ação da insulina. A noção do tecido adiposo como um órgão endócrino é relativamente nova, já que até pouco tempo atrás as células desse tecido eram vistas só como depósitos de gordura. Desde 1994, quando a leptina (uma adipocina) foi identificada e teve seus efeitos sobre o apetite estudados, as moléculas liberadas pelo tecido adiposo e sua atuação em diversos pro-



cessos orgânicos, entre eles a regulação da sensibilidade à insulina, atraem interesse crescente. Acredita-se que algumas dessas adipocinas possam estar envolvidas no diabetes associado à obesidade.

As principais adipocinas secretadas pelo tecido adiposo e conhecidas hoje (em camundongos) podem ser divididas entre aquelas expressadas somente nas células de gordura e as que também são encontradas em outros tecidos.

As que são produzidas e liberadas só pelos adipócitos são leptina e adiponectina (que intensificam a ação da insulina), e adipsina e resistina (que inibem essa ação). As expressas também em macrófagos (células do sistema imunológico) são o fator de necrose tumoral alfa (TNF $\alpha$ ), a interleucina 6 (IL-6) e a proteína quimioatratante de monócitos (MCP1), inibidoras da insulina. Em células hepáticas, foram identificadas adipocinas como a visfatina e a proteína ligante do retinol 4 (RBP-4) – a primeira aumenta e a segunda reduz os efeitos da insulina. Outras quatro são liberadas por células adiposas e hepáticas: o inibidor do ativador de plasminogênio 1 (PAI-1) e o angiotensinogênio, capazes de reduzir o efeito da insulina, e ainda o amilóide A sérico (SAA) e a glicoproteína ácida A-1, com atuação desconhecida em relação à insulina. Outros estudos constataram, em humanos, a presença da resistina também em macrófagos (células do sistema imunológico).

A secreção da leptina é um bom exemplo da função endócrina do adipócito. Esse peptídeo é liberado exclusivamente pelo tecido adiposo e con-

Figura 3. Processos metabólicos que ocorrem no adipócito e que influenciam a ação da insulina em outros tecidos – a captação e transformação da glicose (A), a liberação de ácidos graxos livres (B) e a secreção de adipocinas (C) – regulam a ação da insulina no músculos

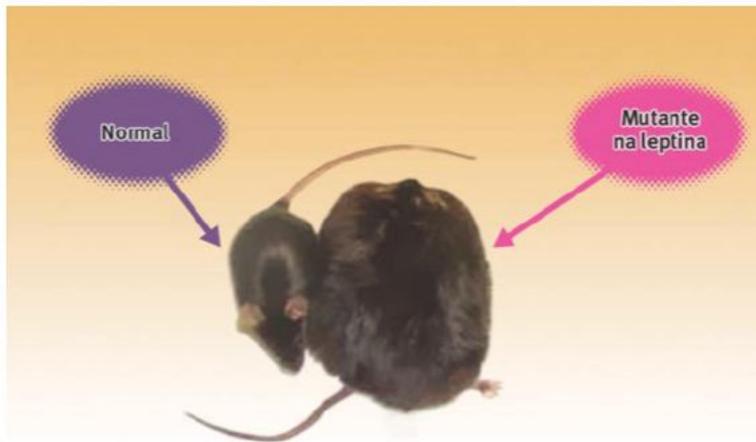


Figura 4. Mutações no gene responsável pelo hormônio leptina causam descontrole na ingestão de alimento, levando à obesidade e à resistência à insulina – o camundongo utilizado como controle, que expressa normalmente a leptina (à esquerda), manteve seu peso comendo apenas o necessário, enquanto o animal com mutações no gene desse hormônio (*ob/ob*) expressa uma leptina funcionalmente defeituosa e torna-se obeso e diabético

**SUGESTÕES PARA LEITURA**

ABEL, E. D.; PERONI, O.; KIM, J. K.; KIM, Y. B.; BOSS, O.; HADRO, E.; MINNEMANN, T.; SHULMAN, G.I. & KAHN, B.B. 'Adipose-selective targeting of the GLUT4 gene impairs insulin action in muscle and liver', in *Nature*, v. 409 (6.821), p. 729, 2001.

FONSECA-ALANIZ, M.; TAKADA, J.; ALONSO-VALE, M. I. & LIMA, S. B. 'O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo', in *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, v. 50, nº 2, 2006.

LAZAR, M.A. 'How obesity causes diabetes: not a tall tale', in *Science*, v. 307 (5.708), p. 373, 2005.

YANG, Q.; GRAHAM, T. E.; MODY, N.; PREITNER, F.; PERONI, O. D.; ZABOLOTNY, J. M.; KOTANI, K.; QUADRO, L. & KAHN, B. B. 'Serum retinol binding protein 4 contributes to insulin resistance in obesity and type 2 diabetes', in *Nature*, v. 436 (7.049), p. 356, 2005.

trola o apetite e o metabolismo de gorduras. O estudo de sua síntese e atuação estabeleceu o tecido adiposo como um órgão endócrino, capaz de se comunicar – através dessa molécula (e de outras, como se comprovou depois) – com o sistema nervoso central e outros tecidos. Além de atuar nos neurônios do hipotálamo, reduzindo o apetite, a leptina também parece ter efeito direto sobre os músculos e o fígado, estimulando a degradação de ácidos graxos e impedindo o acúmulo de gordura. Em camundongos, mutações nos genes que codificam a leptina (*ob/ob*) ou o receptor dessa molécula (*db/db*) causam descontrole do apetite e aumento da ingestão de alimentos, resultando em obesidade (figura 4). Os camundongos obesos apresentam resistência à ação da insulina e são diabéticos. Injeções de leptina nesses animais são capazes de reduzir o excesso de gordura, normalizando o peso corporal.

Outro exemplo é a adiponectina, peptídeo também secretado apenas pelo tecido adiposo que regula a degradação de ácidos graxos livres pelas mitocôndrias, nas células musculares. Esse peptídeo parece ter um papel importante na modulação da ação da insulina no músculo e fígado. Além disso, estudos recentes mostraram que os níveis de adiponectina circulante diminuem significativamente em obesos.

Além de secretar vários peptídeos que aumentam a sensibilidade à insulina em outros órgãos, os adipócitos liberam também moléculas que inibem a ação da insulina. É o caso da proteína ligante de retinol-4 (RBP-4), que parece atenuar o efeito da insulina nos tecidos. O TNF $\alpha$ , as interleucinas e o MCP-1, citocinas que exercem um papel importante no processo inflamatório, são outras moléculas secretadas pelas células de gordura. Em geral, são encontradas em altos níveis no sangue de pessoas acima do peso. Além disso, estudos evidenciam que essas citocinas estão implicadas no diabetes associado à obesidade.

Diversas pesquisas mostram que o excesso de gordura induz a resistência à insulina e novas evidências ligam essas moléculas ao diabetes. Assim, baseado nessas constatações, propõe-se que as disfunções do tecido adiposo, como acontece na obesidade, perturbam a entrada de glicose nos adipócitos e aumentam a secreção de citocinas e ácidos graxos livres, o que contribui para atenuar a ação da insulina tanto nos adipócitos quanto em tecidos periféricos.

## Combate ao diabetes

Os resultados de estudos feitos nos últimos 10 ou 15 anos mudaram de forma drástica o conceito de que o tecido adiposo apenas estoca gordura. A demonstração da importância do fluxo metabólico da glicose nos adipócitos e da secreção, por essas células, de adipocinas que atuam como hormônios evidenciaram que esse tecido funciona como um complexo órgão endócrino, capaz de se comunicar com o cérebro, os músculos e o fígado. Esse 'diálogo' parece ser essencial para a manutenção do controle glicêmico – tanto que qualquer falha nos processos metabólicos no adipócito tem impacto direto na homeostasia corporal de glicose.

Distúrbios no fluxo metabólico do tecido adiposo e na secreção de adipocinas são observados na obesidade. Em pessoas obesas, o comprometimento dessas funções do adipócito parece estar diretamente relacionado a perturbações na ação da insulina em outros tecidos. Acredita-se que esta seja a base da associação entre a obesidade e a resistência à insulina, levando ao diabetes tipo 2. Portanto, além de armazenar gorduras, o tecido adiposo tem ainda um papel central no controle glicêmico, e falhas em sua atuação estão relacionadas ao surgimento do diabetes tipo 2. Sendo assim, acreditamos que o estudo das vias de sinalização bioquímica que regulam, nos adipócitos, a captação de glicose e a liberação de adipocinas poderá levar a um melhor entendimento dos mecanismos moleculares responsáveis pela homeostasia corporal de glicose, o que permitirá intervir nesses mecanismos (com medicamentos) e corrigir os distúrbios metabólicos que ocorrem no diabetes tipo 2. ■

# Células-tronco: cura para muitos males

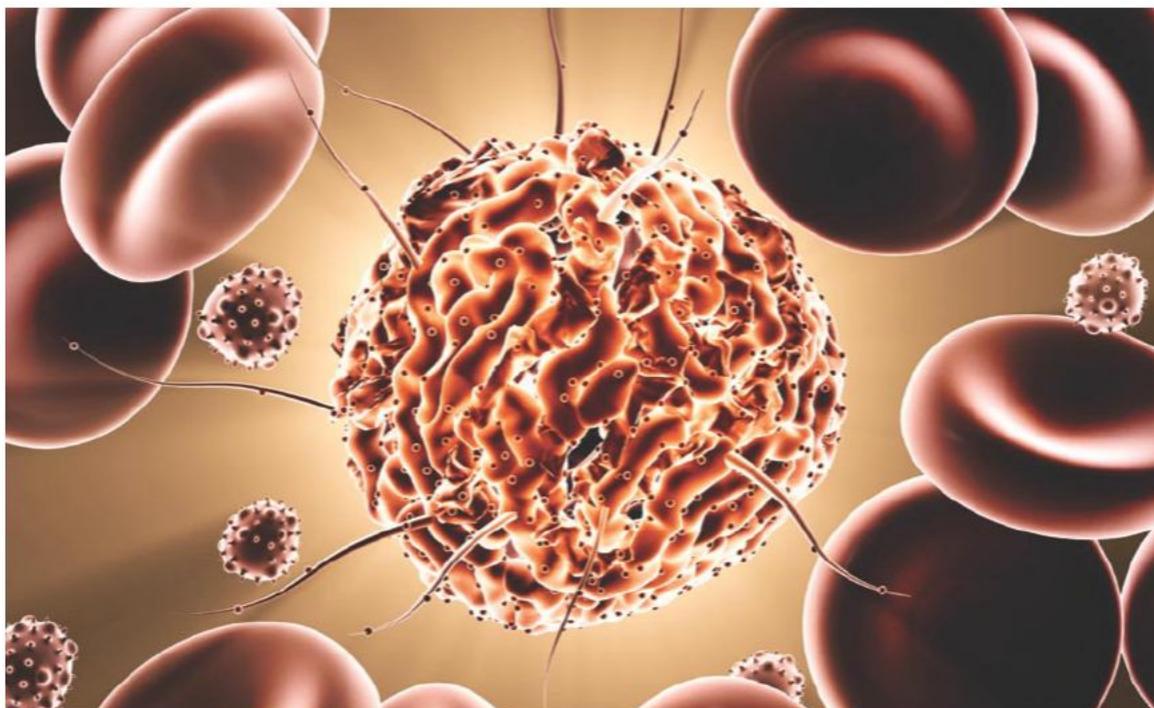


FOTO GETTY IMAGES

Representação de uma célula-tronco de medula óssea, precursora dos elementos do sangue, como hemácias e leucócitos

O poder de cura das células-tronco é imenso e inegável, mas quais são as aplicações reais dessas células, hoje? No Brasil, elas estão sendo testadas em voluntários com diferentes patologias – de problemas de coração a diabetes. E apesar de a maioria das aplicações de células-tronco ser feita, atualmente, em caráter experimental, os pesquisadores estimam que daqui a 10 anos vários procedimentos estarão difundidos pelos hospitais do país. O tempo pode ser longo para quem espera por tratamento, mas é muito curto dentro da história da medicina.

## O primeiro caso de sucesso

O transplante de medula óssea, realizado desde 1957 em casos de leucemia e anemias, é o único uso

de células-tronco considerado um procedimento clínico padrão (ver 'O que são células-tronco'). A medula óssea é um tecido gelatinoso, mais conhecido como tutano, localizado no interior dos ossos. Nele encontram-se células-tronco formadoras dos elementos do sangue – hemácias, leucócitos, plaquetas e outros. O hematologista Luis Fernando Bouzas, diretor do Centro de Transplante de Medula Óssea (Cemo) do Instituto Nacional do Câncer (Inca), no Rio de Janeiro, explica que o sangue é renovado constantemente. "A medula funciona como uma fábrica de células. Se ocorrem defeitos na produção, o indivíduo manifesta doenças e pode precisar de um transplante."

O procedimento exige seções de químico e radioterapia para eli-

minar as células doentes. "Acontece que células saudáveis também são destruídas nesse processo, deixando a pessoa fraca, com alto risco de mortalidade", conta Bouzas. Vencida essa etapa, o paciente recebe células-tronco previamente retiradas de sua própria medula e purificadas para selecionar as saudáveis (transplante autogênico) ou extraídas de um doador (transplante alogênico), de modo a voltar a produzir células sanguíneas normais.

Os esforços para tornar o transplante de medula menos arriscado concentram-se na diminuição das doses de químico e radioterapia e também na busca por novas fontes de células-tronco. Isso porque o transplante autogênico não pode ser feito quando a doença é genética – a medula continua produ-

zindo células com o mesmo problema – e o transplante alogênico exige doadores compatíveis, muito difíceis de serem encontrados. No Brasil, um dos 10 países com mais doadores de medula, a chance de compatibilidade entre pessoas não aparentadas é de uma em 1 milhão.

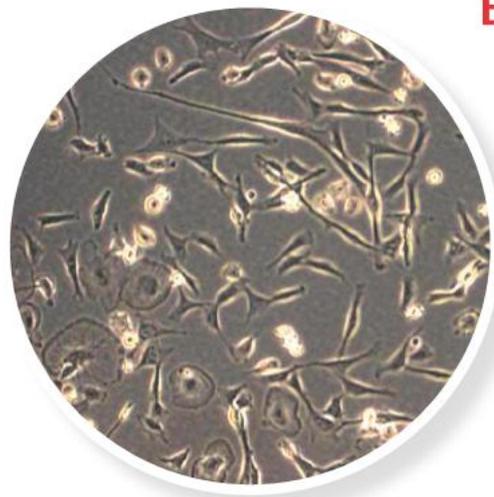
### Esperança no cordão umbilical

A fonte alternativa de células-tronco mais promissora é o sangue do cordão umbilical (e da placenta). Ele possui células-tronco multipotentes, semelhantes às da medula óssea, mas que se encontram em um estágio menos diferenciado por terem sido menos estimuladas. O grau de diferenciação é importante, pois determina as possíveis aplicações da célula. Quanto menos diferenciada, maior a capacidade de gerar tecidos diferentes.

Com o intuito de estimular a pesquisa e o uso do sangue do

cordão umbilical em transplantes, o Inca inaugurou, em 2001, o primeiro Banco de Sangue de Cordão Umbilical e Placentário (BSCUP) do país. De lá já saíram 20 cordões utilizados em tratamentos e outros 30 foram identificados como compatíveis para algum paciente.

Mães que queiram doar o cordão umbilical não podem ter doenças genéticas – assim como os bebês – e precisam voltar ao hospital três e seis meses após a coleta para confirmar a ausência de patologias. “Além disso, verificamos a presença de fungos, bactérias ou vírus no sangue do cordão”, diz Bouzas, que também é coordenador médico do BSCUP. Segundo ele, a coleta do material é simples. O sangue da face fetal da placenta (a que fica em contato com o bebê) e do cordão umbilical é, após o parto, drenado com uma agulha para bolsas que são congeladas em nitrogênio líquido, podendo ficar assim, a princípio, por



tempo indeterminado.

O uso do sangue de cordões umbilicais, no entanto, tem limitações. A principal delas é o baixo número de células-tronco por cordão – em média, 1,5 bilhão. “São necessárias cerca de 30 milhões de células por quilo (kg) do paciente; isso significa que um cordão pode tratar pessoas com até 50 kg. Para pessoas de maior peso, estamos desenvolvendo uma técnica na qual combinamos células de cordão com células da medula ou células de dois cordões. Somos pioneiros nessa abordagem no Brasil”, diz Bouzas. Essas células também são alvo de estudos que buscam expandi-las em número e atender as pessoas com mais de 50 kg. Essas pesquisas ainda não estão concluídas. Os pesquisadores conseguiram transformar, controladamente, células do cordão umbilical apenas em células do sangue (incluindo as do sistema imunológico).

Células-tronco do cordão umbilical, como as da imagem (com aumento de 100 vezes), já são usadas em tratamentos de doenças do sangue e do sistema imunológico

## O QUE SÃO CÉLULAS-TRONCO

Todas as células-tronco possuem três características básicas: são indiferenciadas, ou seja, não pertencem a nenhum tecido específico; são capazes de se diferenciar nos diferentes tipos celulares que compõem o corpo humano e são capazes também de se replicar, gerando outras células-tronco. Apesar dessas características compartilhadas, as células-tronco não são todas iguais.

As embrionárias são aquelas provenientes do embrião. Nas primeiras semanas após a fertilização, quando este é composto por até oito células, todas elas têm a capacidade de gerar um ser humano completo e, por isso, são classificadas como totipotentes. Após esse período, quando o embrião atinge entre 64 e 100 células, e é conhecido como blastocisto, as células já se diferenciam em dois tipos: aquelas que formarão a placenta e outros anexos embrionários e aquelas que formarão o embrião. Estas últimas são chamadas pluripotentes por poderem se diferenciar nos 216 tecidos que formam o corpo humano, mas não nos anexos embrionários – portanto, sozinhas, não formariam um novo indivíduo.

As células-tronco adultas são células que podem ser encontradas em diferentes tecidos – como pele, rim, medula óssea e cordão umbilical – e, em geral, só se diferenciam em componentes do tecido no qual estão situadas. Por terem a capacidade de diferenciação limitada são conhecidas como multipotentes. São essas as células normalmente utilizadas nos experimentos e procedimentos médicos atuais.

### Testes em humanos

Diversas pesquisas com células-tronco vêm sendo feitas no país, e algumas já incluem testes em humanos. Esse é o caso da aplicação das células-tronco em portadores de cardiopatias – infarto, doença de Chagas e outras. Para o procedimento, células da medula óssea são retiradas do paciente e as células-tronco presentes entre elas são isoladas por processos laboratoriais e depois ▶

injetadas diretamente nas artérias coronárias.

Pesquisas isoladas que utilizaram a técnica indicaram uma melhora significativa em pessoas com insuficiência cardíaca, levando o Brasil a iniciar, em 2005, o Estudo Multicêntrico Randomizado de Terapia Celular em Cardiopatias (EMRTCC). Nele, 1.200 voluntários selecionados foram divididos em dois grupos: um recebe células-tronco e o outro, placebo. “Assim poderemos comparar a evolução dos pacientes e afirmar que uma possível melhora foi fruto da aplicação das célu-

las-tronco e não de outro fator”, explica o cientista Antônio Carlos Campos de Carvalho, do Instituto Nacional de Cardiologia (INC), no Rio de Janeiro, e coordenador geral do programa.

Os resultados do EMRTCC sairão em 2008 e até lá os pesquisadores esperam esclarecer muitas dúvidas. “Temos certeza de que a aplicação de células-tronco não traz prejuízos, mas ainda não sabemos se traz benefícios. Caso sejam de fato benéficas, será preciso esclarecer exatamente como as células-tronco regeneram a capacidade de bombeamento

do coração”, enfatiza Campos de Carvalho.

Testes em humanos também estão sendo realizados para investigar a eficácia de células-tronco no tratamento do diabetes. Júlio César Voltarelli, médico e pesquisador da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP), é pioneiro na área. Ele e sua equipe já transplantaram células-tronco de medula óssea para 15 pacientes com diabetes tipo 1, doença na qual o sistema imunológico do organismo não reconhece as células beta do pâncreas, produtoras de insulina, como células da própria pessoa e passa a atacá-las. “Os voluntários se submetem a sessões de químico e imunoterapia para desativar o sistema imunológico e, em seguida, recebem injeções de células-tronco (retiradas previamente da medula) na corrente sanguínea”, explica Voltarelli. O objetivo é criar um ‘novo’ sistema de defesa que reconheça as células beta como células do próprio indivíduo, poupando-as da destruição. “Se o sucesso for total, o paciente não precisará mais das injeções de insulina. Isso aconteceu com 14 de nossos voluntários e o efeito foi mantido em 13”, comemora.

Para se submeter ao procedimento, a pessoa deve ter entre 12 e 35 anos, ser portador do diabetes tipo 1 e procurar os pesquisadores até seis semanas após o diagnóstico. “A rapidez na procura do tratamento é muito importante porque, no início da doença, nem todas as células beta foram destruídas”, explica o pesquisador, lembrando que, como a maioria dos pacientes já tem a doença há vários anos, muitos só se oferecem como voluntários quando a doença já está em estágio avançado. “Isso impossibilita a pesquisa”, lamenta.

Voltarelli acredita que, daqui a cerca de cinco ou 10 anos, o uso de células-tronco no tratamento

## PÚBLICOS OU PRIVADOS?

Os casais que pretendem ter um filho hoje provavelmente ouviram ou ouvirão a pergunta: “Vocês querem guardar o sangue do cordão umbilical de seu bebê?” Caso decidam fazê-lo, terão duas opções: os bancos privados e os públicos. Os dois utilizam a mesma técnica de coleta e armazenamento. A diferença está em como, e por quem, as células serão utilizadas.

No banco privado, as células-tronco ficam guardadas para uso exclusivo do bebê, ou de seus parentes. Isso significa que a família é dona do material. Já nos bancos públicos o cordão é doado e fica à disposição de qualquer pessoa que precise e possa usá-lo. Caso o doador necessite de algum tipo de terapia celular, não terá prioridade no uso de seu próprio cordão – deve encontrar um doador compatível entre todos os cordões ou optar por outras terapias.

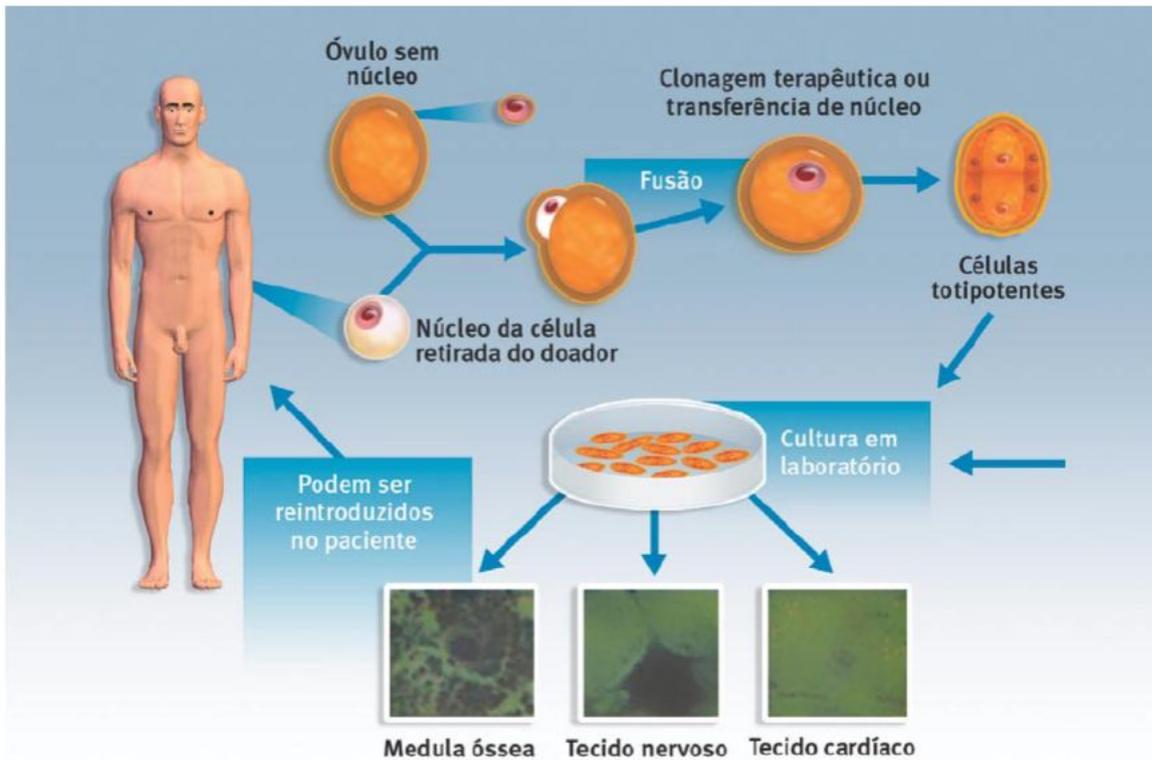
O médico Isolmar Schetter, que atua em um dos bancos de cordão umbilical privado do país, o CordVida, explica que os bancos privados são análogos aos seguros, por exemplo, de automóveis. “Ninguém quer bater o carro, mas, caso aconteça, ter um seguro é garantia. Com os cordões, é a mesma coisa. Ninguém quer que seu filho apresente doenças, mas, caso aconteça, a pessoa terá mais possibilidades de tratamento se tiver guardado as células-tronco do cordão umbilical.”

A grande polêmica é que até o momento poucas doenças podem ser tratadas

com essas células. “As doenças tratáveis com transplantes autólogos são raras e os métodos ainda são ineficazes. Os casos de sucesso são raríssimos”, afirma Luiz Fernando Bouzas, um dos defensores dos bancos públicos.

Representantes dos bancos privados argumentam que as pesquisas continuam. “Os investimentos são cada vez maiores. É provável que, em breve, outros usos sejam descobertos para essas células. Além disso, há a possibilidade de tratar irmãos: se um irmão tem uma doença e outro não, pode-se usar o cordão do irmão saudável para tratar o doente com menores chances de rejeição”, explica Schetter.

Mas a maioria dos pesquisadores não vê a questão dessa maneira. “As chances de compatibilidade aumentarão conforme cresça o número de doadores. Doar o cordão umbilical é dar, agora, uma oportunidade de vida para outras pessoas. Guardá-lo para uso exclusivo de seu filho, no futuro, pode simplesmente não beneficiar ninguém”, afirma Bouzas. A geneticista Mayana Zatz concorda. “Se o dinheiro usado para manter o cordão ao longo dos anos fosse, por exemplo, aplicado em uma poupança, seria possível garantir a educação dos filhos ou mesmo a compra de dois cordões em caso de necessidade. Os bancos públicos são a melhor opção: as chances de uso das células-tronco são muito maiores.”



Na clonagem terapêutica o núcleo de uma célula adulta é transferido para um óvulo sem núcleo. Essa fusão gera células totipotentes que podem ser cultivadas em laboratório e estimuladas para se diferenciarem em vários tecidos humanos. No entanto, controlar o processo de diferenciação ainda é um dos grandes desafios da pesquisa

do diabetes tipo 1 será um procedimento clínico padrão. “Basta que os resultados se confirmem em um número maior de pacientes e em estudo de maior duração. É possível até que o método substitua o uso da insulina, desde que seja simplificado e produza menos complicações”, afirma.

### A realidade dos laboratórios

As distrofias musculares, doenças genéticas caracterizadas pela degeneração dos músculos, são outro alvo de pesquisas. A geneticista Mayana Zatz, coordenadora do Centro de Estudos do Genoma Humano, da Universidade de São Paulo (USP), conduz em seu laboratório experimentos nos quais cultiva células-tronco de cordão umbilical junto com células musculares. “Fazemos isso para conhecer os fatores, ou seja, as proteínas que ativam ou desativam determinados genes, e que direcionam a diferenciação celular. Precisamos saber o que faz uma célula-tronco

virar músculo e não neurônio, por exemplo. Só com esse processo controlado poderemos pensar em testes com humanos.”

O principal risco de aplicação das células-tronco na ausência de controle da diferenciação celular é a formação de tumores. Segundo a pesquisadora, serão necessários pelo menos 10 anos de pesquisa para que o processo esteja inteiramente desvendado. Enquanto isso não acontece, ela dá aconselhamentos a famílias de portadores de distrofias musculares e estuda os casos, analisando o material genético, para compreender a causa do aparecimento das doenças.

Entender a diferenciação celular também é prioridade para o neurocientista Stevens Rehen, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ele pesquisa como as células-tronco se transformam em células do sistema nervoso, como os neurônios. Dominar o processo permitiria, teoricamente,

tratar doenças como as de Alzheimer e Parkinson e recuperar a capacidade motora de portadores de paralisias. “Esse tipo de estudo cria euforia. É muito importante saber que fazemos pesquisa básica”, enfatiza.

Rehen e sua equipe cultivam células-tronco neurais e embrionárias aderidas a placas de plástico ou sob a forma de neuroesferas flutuantes. “Neuroesferas são pequenas esferas formadas por pro- ▶

Imagem (com aumento de 50 vezes) de uma neuroesfera, estrutura na qual as células-tronco são cultivadas, simulando a interação real entre os neurônios



genitores de neurônios, que integram apenas umas com as outras, simulando a interação real entre as células do cérebro; por isso, são as preferidas. Mas é difícil obtê-las”, diz o neurocientista. As células cultivadas recebem tratamento com diferentes substâncias e têm sua reação acompanhada. “Já sabemos, por exemplo, que fosfolipídios são bons para produzir neurônios e evitar sua morte celular.”

A partir do conhecimento dos fatores que influenciam na diferenciação das células-tronco, seria possível, por exemplo, pré-tratar o material a ser injetado em alguma parte do corpo, garantindo que ele forme um tipo celular específico. “Mas é provável que sejam muitos fatores trabalhando em conjunto”, aposta o pesquisador. “Creio que em alguns anos conheceremos melhor a diferenciação de células-tronco e aí poderemos cogitar ensaios em humanos. Do início dos testes até que se torne um procedimento padrão é muito difícil estimar o tempo necessário”, afirma.

Uma descoberta intrigante feita por Rehen durante seus estudos foi a constatação de que é possível que, para formar neurônios, o material genético da célula precise ser alterado. “Percebemos que as células do cérebro não têm um

número fixo de cromossomos e achamos que a perda de alguns deles pode ser uma das chaves para a diferenciação de células-tronco embrionárias em neurônios. Mas ainda não temos certeza disso.”

### As polêmicas embrionárias

Em 1998, cientistas norte-americanos conseguiram pela primeira vez cultivar células-tronco extraídas de embriões humanos. A polêmica foi lançada. Alguns setores da sociedade, principalmente os religiosos, condenaram a prática, acusando os pesquisadores de desrespeitar a vida. Outros grupos, formados, na maior parte, por pessoas ligadas a portadores de complicações que poderiam ser tratadas com terapia celular, apostavam na técnica. Em meio a muita discussão, o Brasil aprovou no ano de 2005 o uso de células-tronco embrionárias para pesquisa.

A geneticista Mayana Zatz, que participou dos debates realizados antes da aprovação da lei, explica como funciona, hoje, o uso de células-tronco embrionárias. “As células são obtidas de embriões congelados que serão descartados por clínicas de fertilização assistida por serem inviáveis para reprodução. Essas células, que iriam para o lixo caso não fossem usadas para pesquisas, podem ser cultivadas em laboratórios e atualmente são aplicadas apenas em experiências com animais.”

Segundo a pesquisadora, um dos grandes problemas em relação às questões éticas envolvendo células-tronco embrionárias é a confusão de conceitos. “As pessoas acham que o objetivo é criar clones humanos, quando o que se busca são alternativas terapêuticas, como a fabricação de órgãos e tecidos, e não a clonagem de um indivíduo.”

Os conceitos aos quais Mayana se refere são os de terapia celular, clonagem terapêutica e clonagem

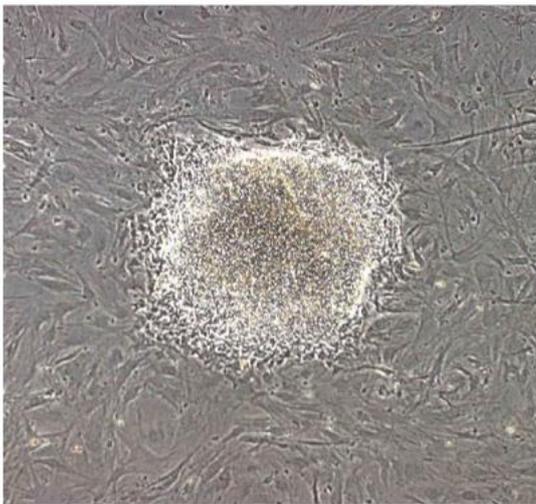
reprodutiva. A terapia celular já é utilizada e engloba todas as formas de tratamento com células-tronco, como os casos de transplante de medula óssea. A clonagem terapêutica parte do mesmo princípio que possibilitou a criação da ovelha Dolly – a introdução do núcleo de uma célula somática, diferenciada e adulta, em um óvulo cujo núcleo foi retirado. “Essa ‘nova’ célula seria capaz de gerar qualquer dos tecidos humanos e poderia ser reintroduzida no indivíduo, diferenciando-se dentro do organismo no tipo celular desejado, ou cultivada em laboratório para fabricar órgãos que seriam transplantados sem riscos de rejeição, já que teriam o material genético do próprio paciente.” Por fim a clonagem reprodutiva é a implantação desse óvulo que recebeu o núcleo de uma célula adulta, no útero, com a intenção de gerar um indivíduo geneticamente igual ao doador. “Essa aplicação, além de ainda ser uma possibilidade distante, é condenada pela comunidade científica”, assegura a geneticista.

### O que reserva o futuro

Hoje, o uso de células-tronco é padrão apenas para doenças relacionadas ao sangue e ao sistema imune, mas fica claro que, em futuro próximo, muitas patologias terão protocolos clínicos que envolverão o uso dessas células. É consenso também que controlar a diferenciação celular é essencial para que a criação de órgãos em laboratório ou a reversão de paralisias se torne realidade. Essa conquista pode estar distante, mas a esperança reside no fato de que há muitos pesquisadores empenhados em desvendar esse mistério. E eles estão chegando perto das respostas.

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

Células-tronco embrionárias humanas – a massa no centro da imagem (com aumento de 100 vezes) – as únicas que se diferenciam em todos os tecidos do corpo humano



NUTRIÇÃO Prato preferido dos brasileiros pode prevenir câncer oral

# Muito mais que feijão com arroz



FOTOTUCA/VEIRA/FOLHA IMAGEM

**O**s brasileiros receberam uma boa notícia. O bom e velho feijão com arroz, cativo na nossa mesa, pode ter efeito benéfico contra o câncer. A combinação, que está presente na alimentação da maioria dos brasileiros, independentemente de classe, cor ou religião, foi objeto de uma pesquisa que constatou sua capacidade de reduzir os riscos de desenvolver câncer oral.

A pesquisa, conduzida pela nutricionista Dirce Marchioni, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, faz parte de um estudo maior da Agência Nacional de Pesquisa em Câncer, que investigou a relação entre fatores ambientais e o câncer oral. Sem colesterol e com baixo teor de gorduras saturadas, os dois alimentos fornecem uma boa composição de proteínas, fibras e carboidratos. Contudo, o mecanismo que explicaria a proteção contra o câncer oral ainda não foi esclarecido totalmente.

Participaram do estudo 835 indivíduos da cidade de São Paulo, dos quais 366 sofriam de câncer de cavidade oral ou faringe. Outros 469 indivíduos faziam parte do grupo de controle, ou seja, não poderiam ter história ou suspeita de câncer nessas regiões do corpo. A análise incluiu indicadores socioculturais, fatores de risco como tabagismo e

consumo de álcool, histórico familiar de câncer e um questionário sobre a dieta dos participantes. Observou-se uma tendência significativa de diminuição do risco de apresentar câncer oral ao se aumentar o consumo de arroz e feijão. “Quanto mais as pessoas do estudo consumiram arroz e feijão, menor foi a probabilidade de elas pertencerem ao grupo dos indivíduos com a doença”, observa a nutricionista.

Em 2006, o câncer de cavidade oral, no Brasil, representou 2,8% de todas as neoplasias malignas, ocupando a sétima posição entre os cânceres mais comuns, e a quinta entre os homens, de acordo com dados do Instituto Nacional do Câncer. Dos estados brasileiros, São Paulo apresenta a mais elevada incidência de câncer oral, seguido do Rio Grande do Sul.

Além dos fatores nutricionais, aspectos comportamentais também estão sendo estudados, com o objetivo de identificar a sua influência no aumento dos riscos da doença. Segundo Marchioni, os homens são mais propensos a desenvolverem esse tipo de câncer, uma vez que fumam e bebem mais que as mulheres. “Nas últimas décadas, no entanto, esse perfil vem mudando: fatores socioculturais têm levado as mulheres a fumar mais e consumir mais álcool.”

Embora sejam esperadas conclusões mais sólidas até o fim deste ano com o prosseguimento dos estudos, os resultados obtidos até agora permitem inferir sobre a importância da dieta como fator protetor de doenças carcinogênicas. Já se sabe que frutas, vegetais e leguminosas são aliados na prevenção do câncer. Marchioni ressalta que os resultados do trabalho ainda são preliminares e que os efeitos benéficos dessa combinação dietética ainda devem ser mais bem explicados.

A nutricionista lamenta que os brasileiros estejam comendo menos feijão e atribui isso à dificuldade de preparo, à falta de tempo. Ela lembra que o Ministério da Saúde está empenhado em campanhas de incentivo ao consumo de feijão. “As leguminosas têm entrado na pauta das discussões científicas recentemente. Por serem grãos integrais, ricos em fibras e em antioxidantes, regulam a digestão e ainda podem prevenir o câncer. Por isso, há essa necessidade de resgate desse alimento.”

**Fabiola Bezerra**  
Ciência Hoje/RJ

# Derrubando mitos

Na pesquisa do MCT, 41% dos entrevistados declararam ter muito interesse em ciência e tecnologia. Junto com os resultados para medicina e meio ambiente, o estudo derruba o mito de que o brasileiro não se interessa pela área

O brasileiro tem elevado interesse por ciência e tecnologia (C&T) e as considera temas importantes, dos quais gostaria de participar mais, apesar de ter pouco acesso a eles e de essa participação ser, atualmente, pequena. Além disso, o público é otimista em relação aos rumos científicos e aos benefícios que podem advir deles, mas tem consciência dos impactos sociais e dos problemas éticos associados a essas questões. Esse é o perfil que pode ser esboçado a partir da pesquisa sobre percepção pública da ciência encomendada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e pela

Academia Brasileira de Ciências (ABC), cujos resultados foram anunciados no final de abril. O estudo revela que a suposta falta de interesse dos brasileiros no assunto é um mito. Além disso, mostra que a exclusão social que afeta o Brasil também está presente no acesso à informação sobre C&T, e que, apesar de terem sido verificadas algumas melhorias, o caminho para alterar esse quadro ainda é longo.

Realizada entre 25 de novembro e 9 de dezembro de 2006, a pesquisa envolveu 2.004 adultos (mais de 16 anos), divididos igualmente entre homens e mulheres, das cinco regiões brasileiras. Esse é o segundo estudo desse tipo feito no país; o primeiro aconteceu em 1987. “Temos que promover mais pesquisas desse gênero, tanto qualitativas quanto quantitativas. Elas permitem entender melhor como a população vê a C&T e acompanhar o progresso das políticas públicas para o setor”, informa o físico Ildeu de Castro Moreira, diretor do Departamento de Popularização e Difusão de Ciência e Tecnologia do MCT e um dos coordenadores do estudo.

## Interesse sem acesso

Embora a análise mais profunda dos resultados deva demorar mais um pouco, os dados permitem identificar pontos importantes. Quarenta e um por cento dos entrevistados declararam ser muito interessados por C&T, índice acima do interesse por política (20%) e relativamente próximo ao de esportes (47%). No entanto, se forem levadas em conta as respostas aos temas ‘medicina e saúde’

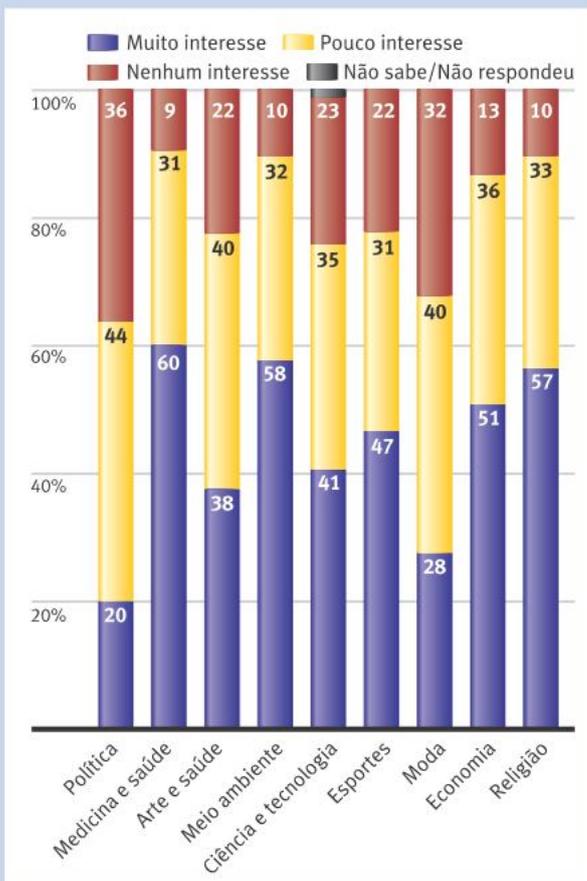
(60%), e ‘meio ambiente’ (58%), o quadro parece indicar uma verdadeira atração dos brasileiros pelo assunto. “Separamos a parte médica e ambiental, porque elas costumam mascarar os resultados – geralmente, todos afirmam se interessarem por descobertas médicas ou estudos ambientais. Nessa pesquisa, queríamos medir também o interesse pelas outras áreas”, explica o sociólogo da ciência Yuriy Castelfranchi, do Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo (Labjor) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que participou da confecção do questionário e fará a análise dos dados.

Mas nem todas as notícias são boas. O estudo também revelou que apenas 4% dos entrevistados visitaram um museu ou centro de C&T nos últimos 12 meses. “Esse é um número muito pequeno. Em Portugal, que tem o índice mais baixo da Europa, a visita chega a 8%”, comenta Castelfranchi. Uma análise da distribuição das respostas mostra que entre aqueles que não visitaram um centro ou museu, a maioria se concentra nas classes mais baixas – foram 80% da classe E e 70% da D – e com menor renda, 60% daqueles que ganham entre R\$ 400 e R\$ 600 por mês. “Isso mostra que a exclusão social brasileira está refletida no acesso à C&T”, afirma Moreira.

## Otimista mas consciente

A população confia nos cientistas, embora confie mais naqueles que trabalham em universidades (30%) do que nos que são funcionários de empresas privadas (11%). Só médicos (43%) e jornalistas (42%) são mais confiáveis,

FONTE: MCT



na opinião dos brasileiros consultados. A visão em relação aos benefícios resultantes da C&T é otimista: 74% acreditam nesses resultados positivos. No entanto, essa não é uma crença cega, pois os entrevistados estão conscientes dos problemas éticos (68%) e ambientais (59%) que o desenvolvimento científico pode acarretar. Eles consideram que a ciência nacional tem um nível intermediário de qualidade e apontam a falta de recursos (53%) e o baixo nível de educação da população (34%) como as principais causas desse problema. “As respostas mostram que o povo respeita a ciência, mas que tem senso crítico”, observa Castelfranchi. Apesar do quadro promissor, apenas 16% e 13%, respectivamente, conhecem alguma instituição de pesquisa ou cientista nacionais. “Esses são números preocupantes, pois indicam que, com respeito ao conhecimento da ciência brasileira, 20 anos de divulgação científica não tiveram muito efeito. Em 1987, o índice de respostas positivas para a pergunta sobre instituições era de 15%”, alerta o sociólogo.

A conclusão geral é que o cenário não é tão ruim, mas que ainda há muito trabalho a ser feito. “Em um plano mais amplo, esses dados, junto com o de pesquisas similares em outros países, indicam que, ao contrário do que é alardeado, não estamos vivendo uma onda de obscurantismo. Mais especificamente para o Brasil, a pesquisa mostra que não basta apenas existir interesse por parte da população, é preciso facilitar o acesso à C&T”, resume Castelfranchi. Ildeu Moreira concorda. “Temos que dar as condições para que essa vontade de conhecer se transforme em algo concreto”, conclui.

**Fred Furtado**  
Ciência Hoje/RJ

## ARQUITETURA

### O FRESCOR DO FUTURO

Em breve, ar-condicionado para residências deverá se tornar um equipamento obsoleto, graças a pesquisas feitas no Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental, da Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul). Inaugurado em 2005, o laboratório abriga vários projetos vinculados à concepção de arquitetura bioclimática. O novo conceito lança mão exclusivamente de recursos naturais para planejar edificações que valorizam o conforto térmico e visual do usuário. “Potencializamos o uso de recursos naturais e projetamos edificações racionais, frescas no verão e aquecidas no inverno”, diz o arquiteto Luciano Dutra, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Unisul.

Os recursos naturais são explorados por meio de técnicas de ventilação e sombreamento, de resfriamento evaporativo (que produz evaporação com o uso de água) e de aquecimento. Nesse último caso, usa-se o dispositivo denominado ‘massa térmica’, que emprega uma espécie de forno de pedra capaz de manter o ambiente aquecido mesmo depois de desligado. Muitas vezes os projetos utilizam o conceito de sombreamento móvel – obtido através do plantio de árvores que perdem as folhas no inverno, permitindo a passagem da luz solar – ou de sombreamento arquitetônico, que explora as próprias formas da edificação. Dutra pede cautela no uso dos recursos, uma vez que estratégias adotadas para resfriar uma casa no verão podem não funcionar para aquecê-la no inverno, como, por exemplo, o uso de sombreamento fixo.

Todas as variáveis são racionalizadas em um laboratório onde os pesquisadores expõem as maquetes dos projetos a simuladores como o ‘céu artificial’, que reproduz a situação real e permite a análise da ilumina-



Túnel de vento montado no Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental, da Unisul

ção de uma residência, ou o ‘túnel de vento’, que simula a circulação de correntes de ar. Os arquitetos contam ainda com programas de computador que avaliam o desempenho térmico e luminoso do ambiente.

A previsão é de que o primeiro projeto seja implantado daqui a dois anos, em parceria com a concessionária de energia elétrica de Santa Catarina (Celesc). Trata-se de um sistema de aquecimento de água que usa garrafas descartáveis e luz solar. Inicialmente o sistema será empregado em cerca de 200 casas populares da região de Tubarão (SC), devendo cada unidade ter custo final de R\$ 300 a R\$ 500. “Bem mais barato que um aquecedor industrial, que custa entre R\$ 2 mil e R\$ 2,5 mil”, conclui Dutra.

**VITIMIZAÇÃO É TEMA DE PESQUISA • Analisar diferentes aspectos da segurança pública no país é o objetivo da 1ª Pesquisa Nacional de Vitimização, parceria do Ministério da Justiça e do IBGE, que contará com investimentos de R\$ 8 milhões.**

**Os dados serão coletados durante o primeiro semestre de 2008 e analisados nos seis meses seguintes, visando subsidiar o planejamento e a gestão de ações e políticas relacionadas à segurança pública. A subnotificação dos crimes, a relação entre polícia e comunidade, custos econômicos e sociais da violência e criminalidade e violência contra minorias serão algumas das questões abordadas no estudo.**

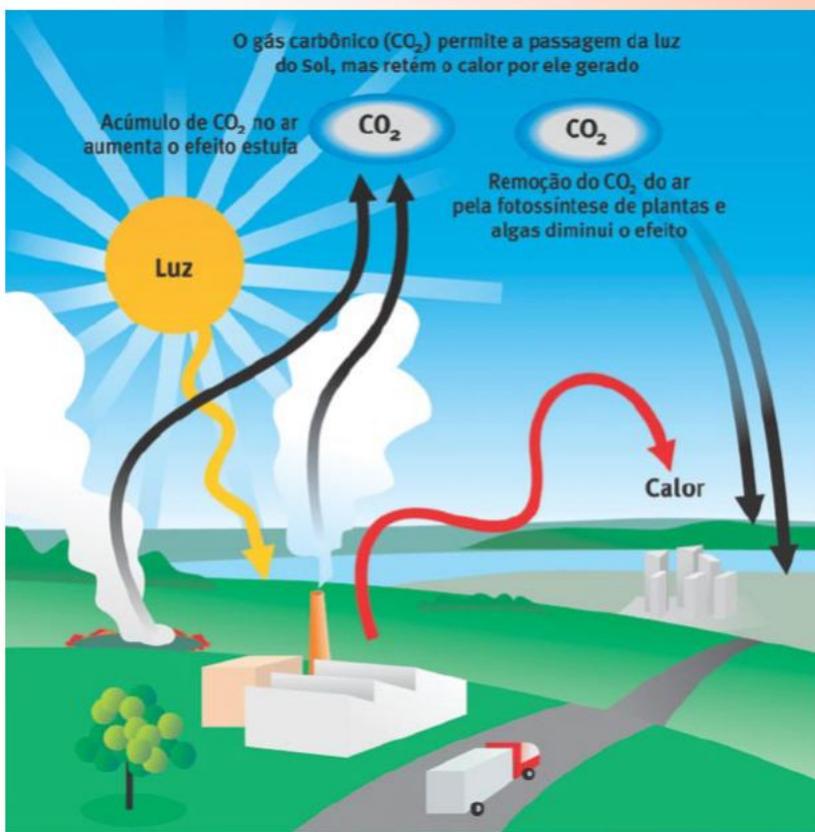
# O mundo em nossas mãos

O clima da Terra está mudando devido a atividades humanas. Este é um fato, em parte irreversível, que pode acarretar perda de biodiversidade, de áreas da costa e de produtividade de alimentos, entre outros problemas. Mas o grau de extensão dessas mudanças – e, conseqüentemente, os impactos que elas geram – será determinado pelas ações que governos e cidadãos de todos os países tomarem nos próximos anos. A tecnologia e a informação necessárias para transformações, na economia e no comportamento, que impeçam os efeitos mais

drásticos das mudanças do clima estão, quase todas, disponíveis. Basta aplicá-las de forma efetiva. Essas são as idéias centrais apresentadas pelos três grupos de trabalho do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC, na sigla em inglês), que reúne cientistas de todo o mundo periodicamente.

Em fevereiro de 2007 o grupo de trabalho I (GT I) do IPCC divulgou um relatório no qual afirma: a ação humana alterou drasticamente as concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa, como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), le-

vando ao aumento da temperatura do planeta (ver 'O efeito estufa'). Segundo os pesquisadores do painel, em 2005, a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera era de 379 ppm, enquanto nos últimos 600 mil anos ela esteve entre 180 e 300 ppm. Em relação à temperatura, verificou-se que, desde 1995, apenas um ano não apresentou temperatura média acima da média histórica, registrada anualmente a partir de 1850. Além disso, geleiras de montanhas e coberturas de neve diminuíram nos dois hemisférios, contribuindo para o aumento do nível médio do



## O EFEITO ESTUFA

A energia do Sol que atravessa a atmosfera terrestre é, em parte, absorvida pelos oceanos e pelos ecossistemas terrestres (através da fotossíntese). A radiação não absorvida é reemitida para o espaço na forma de calor. No entanto, devido à presença da atmosfera, parte desse calor é retido – esse é o chamado efeito estufa. A existência do efeito estufa é uma das principais variáveis que permite a vida no planeta. Sem ele a temperatura média da Terra seria de  $17^\circ\text{C}$  negativos. No entanto, vários gases podem alterar a composição natural da atmosfera, fazendo com que ela retenha ainda mais calor. Esses são os chamados gases estufa. Dentre eles estão o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), liberado pela queima de combustíveis fósseis; o metano ( $\text{NH}_4$ ), liberado pelo processo digestivo de animais, como as vacas, e pelo cultivo de arroz em alagados, por exemplo; e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), liberado como resíduo de atividades industriais. A concentração desses gases na atmosfera é expressa em partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb), que representam quantas moléculas do gás existem para cada milhão/bilhão de moléculas de ar. O aumento das concentrações desses gases é o grande responsável pelo processo de aquecimento global.

mar, observado em vários estudos. Tudo em decorrência da queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, e das mudanças provocadas pelo uso e ocupação da terra.

O físico Paulo Artaxo, da Universidade de São Paulo (USP) e integrante do GT I, diz que não há mais dúvidas quanto à responsabilidade humana pelos novos eventos no clima. “A temperatura do planeta sempre flutuou; entretanto, a partir de 1970, essa flutuação aumentou muito. Várias simulações computacionais foram feitas separando a influência de fatores naturais e humanos. O aumento da temperatura só foi bem esclarecido quando as ações humanas foram levadas em conta”, afirma.

Mas como é possível quantificar e comparar a influência de fatores tão distintos quanto as formas de uso da terra e o acúmulo de gases na atmosfera? Artaxo explica que isso é feito por meio de uma medida chamada forçamento radiativo. “O forçamento radiativo é o valor de cada componente em watts/m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>). Mede-se quanto um fator altera o equilíbrio de energia que entra e sai do sistema. Quando esse valor é positivo, significa que ele colabora com o aquecimento e, quando é negativo, colabora com o resfriamento.” De acordo com essa medida, a atividade antrópica é a responsável pelo aquecimento atual do planeta.

A tendência exposta pelos dados analisados também foi usada pelo GT I para prever como será o clima da Terra até o fim da década de 2090 em seis diferentes cenários futuros. No melhor deles, há introdução de tecnologias limpas e eficientes em relação ao uso dos recursos em escala global. Já no cenário mais pessimista, considera-se que a economia mundial continua baseada em intenso uso de combustíveis fósseis.



As previsões mostram que, até 2099, dependendo do cenário, a temperatura média do planeta aumentará entre 1,8°C e 4°C e o nível do mar subirá entre 18 e 59 cm, tomando-se como parâmetro os valores dessas variáveis entre os anos de 1980 e 1999. E que, mesmo que as medidas de contenção de emissões mais rigorosas sejam cumpridas, a temperatura do planeta aumentará 0,1°C por década nos próximos anos – um aumento irreversível, fruto das emissões passadas, cujos efeitos demoram a aparecer graças à complexidade do sistema climático.

### Impactos hoje e no futuro

Todas essas mudanças têm impactos sobre os sistemas físicos e biológicos. Esse é o tema de pesquisa do grupo de trabalho II (GT II). Seus integrantes usaram dados de estudos com, no mínimo, 20 anos de duração, para investigar as alterações que esses sistemas vêm sofrendo em decorrência das mudanças climáticas. “No Brasil poucas pesquisas com essa duração foram publicadas em revistas científicas; por isso, nenhuma en-

trou na avaliação”, lamenta Carlos Nobre, climatologista do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e um dos integrantes do GT II.

Mas as mudanças puderam ser vistas em vários locais do planeta e o grau de certeza de que muitas delas foram provocadas pelo aquecimento global é alto (80% ou mais). Em áreas glaciais, por exemplo, porções de solo e subsolo permanentemente congelados (*permafrost*) ficaram mais instáveis. No hemisfério Norte, a produção de folhas pelas plantas e a postura de ovos por alguns pássaros – eventos típicos da primavera – estão ocorrendo precocemente em muitos pontos. Além disso, espécies animais e vegetais expandiram sua distribuição em direção aos pólos e a maiores altitudes.

Os pesquisadores desse grupo também usaram os cenários futuros para prever as respostas desses sistemas às mudanças no clima projetadas para o próximo século. A alteração nos padrões de precipitação e na distribuição dos recursos hídricos (com consequen-

As indústrias são responsáveis por quase 20% das emissões de gases que intensificam o efeito estufa

tes mudanças dos locais favoráveis para diferentes cultivos), o aumento da intensidade de furacões (pois estes ganham energia do calor do mar, que está ficando mais quente) e perdas significativas de biodiversidade em todo o mundo estão entre os impactos mais alarmantes. “O cultivo do café pode se tornar impraticável em São Paulo, hoje o estado de produção mais expressiva nessa lavoura. Mas o mais preocupante para o país, em termos de vulnerabilidade, são os impactos nas áreas costeiras, na disponibilidade hídrica e na Amazônia”, afirma Nobre. Ele lembra que a costa abriga a maior parte da população brasileira, o fornecimento de energia do país depende das hidroelétricas, e a Amazônia, além de conter grande riqueza biológica, é essencial para o equilíbrio hídrico do mundo, para citar apenas parte da importância desses fatores. Hoje, porém, os cientistas têm somente uma idéia geral do que pode acontecer nessas áreas.

O desenvolvimento de estudos específicos é atualmente um dos desafios para a investigação dos impactos das mudanças climáticas. Isso porque, enquanto os modelos de mudança do clima

trabalham em escala global, os estudos de impactos são realizados em escala regional ou local. “Hoje só podemos fazer previsões para grandes áreas. Podemos falar, por exemplo, dos impactos no Sudeste, mas o que vai acontecer em microescala, em cada cidade, depende de estudos muito específicos”, diz Nobre. Segundo ele, só no Japão se trabalha com escalas pequenas (cerca de 3.200 km<sup>2</sup>). “A tecnologia para trabalhar nessa escala é cara, mas acredito que dentro de 10 anos já possamos utilizá-la no Brasil.” Enquanto isso, as ferramentas disponíveis são usadas para prever os impactos e assim propor medidas de adaptação. “Só agora se percebe que apenas com esses dados poderemos planejar as ações de adaptação às mudanças climáticas”, afirma Nobre.

### Mitigação: como minimizar os problemas

Adaptar-se às mudanças, no entanto, não é suficiente. É preciso também buscar formas de reduzi-las e controlá-las. E esse é o tema do grupo de trabalho III (GT III). Com um foco mais econômico, político e social, o relatório apresentado por esse grupo traz as medidas que podem ser tomadas para garantir que o aquecimento não cresça a ponto de comprometer a vida na Terra.

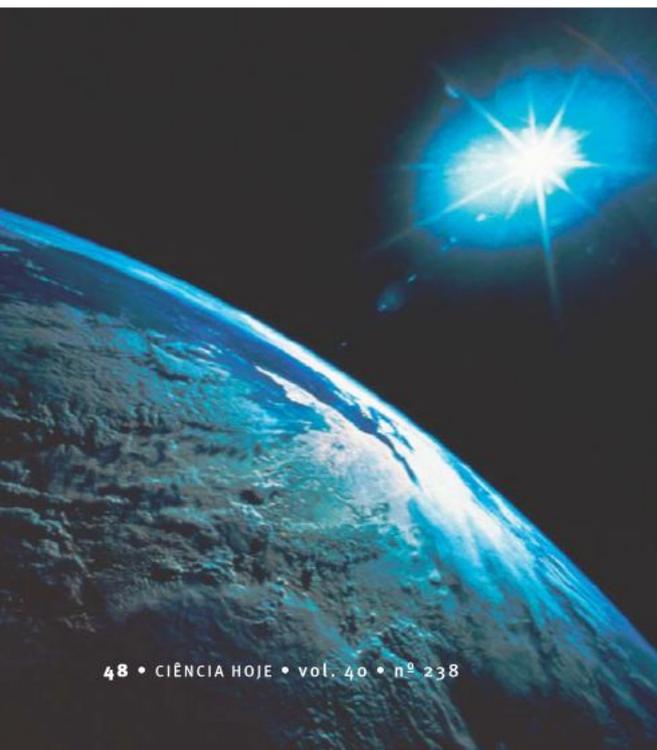
De acordo com os dados do GT III, os setores que mais contribuíram para o aquecimento global foram os de geração de energia (25,9% das emissões relativas), indústrias (19,4%), extração de madeira (17,4%), agricultura (13,5%) e transportes (13,1%). “A grande participação do setor energético deve-se, basicamente, ao uso de carvão, que não é uma realidade brasileira, mas é uma realidade mundial”, afirma Roberto Schaeffer, engenheiro elétrico do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universi-

dade Federal do Rio de Janeiro. Schaeffer, um dos integrantes do grupo, explica também que, em um futuro próximo, essas contribuições aumentarão ainda mais, sobretudo devido ao crescimento projetado para os países em desenvolvimento. “Essas nações devem ser responsáveis por dois terços a três quartos do aumento previsto para as emissões de CO<sub>2</sub> até 2030. Mas continuarão distantes das emissões provenientes dos países desenvolvidos.”

A boa notícia é que o próprio relatório deixa claro que é possível evitar que esse aumento de emissões aconteça e enumera as tecnologias já disponíveis para ações nesse sentido. O setor com maior potencial de diminuição de emissões é o de edificações. Medidas simples, como o uso da iluminação natural e sistemas de aquecimento e resfriamento mais eficientes estão entre as possibilidades. No caso do setor energético, é citado o maior uso de energias renováveis, como a bioenergia e as energias solar e eólica. Veículos mais eficientes, uma maior frota mundial movida a biocombustível e a adoção de políticas que estimulem o uso do transporte público e até de bicicletas estão entre as medidas sugeridas para implantação no setor de transportes. “A questão passa por uma mudança cultural. Pode ser difícil forçar as pessoas a trocar seus carros por ônibus ou convencer um político a aplicar leis impopulares, como a restrição da circulação de veículos”, pondera Schaeffer. Porém, é exatamente esse tipo de atitude que pode fazer a diferença na rápida mudança necessária.

De acordo com o relatório, para que o aumento de temperatura se estabilize entre 2°C e 2,8°C, é preciso que, até 2015, as emissões de gases-estufa parem de crescer, estabilizando-se, em 2050, em menos da metade do que é emitido hoje. Portanto, é preciso agir

Os efeitos danosos do aquecimento global sobre o planeta podem ser reduzidos com a adoção de medidas de custo relativamente baixo



rápido. E todos os cientistas concordam: os custos dessa ação são menores do que os custos gerados caso nada seja feito.

A referência aos custos também integra o relatório apresentado pelo GT III. Gastos de até US\$ 100 por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente (medida usada para comparar qualquer gás com o CO<sub>2</sub>) foram considerados aceitáveis para o combate ao aquecimento. Considerando esse valor, segundo os cálculos dos pesquisadores, a aplicação de 0,05% do Produto Interno Bruto (PIB) de cada país seria suficiente para atingir uma meta de redução que faria a temperatura do planeta ficar entre 3,2°C e 4°C mais alta até o final do século. Estas não são as temperaturas ideais, mas a maioria dos cientistas admite ser essa a faixa mais realista, em grande parte porque acreditam que dificilmente medidas muito rigorosas sejam postas em prática.

Os pesquisadores fazem ainda outro comentário: é possível que mudanças em direção a uma sociedade que utilize os recursos de forma sustentável acabem por trazer benefícios econômicos que não entraram nos cálculos dos custos da mitigação. Menos gastos com saúde pública, florestas conservadas – cuja biodiversidade pode ser usada, por exemplo, na fabricação de remédios e que prestam serviços ambientais, como a manutenção da qualidade da água – são alguns desses benefícios que ficaram de fora dos cálculos. Além disso, a situação deve estimular o desenvolvimento de pesquisas em novas tecnologias e até oportunidades de negócios.

Portanto, os pesquisadores acreditam que a mensagem final dos relatórios é otimista: controlar as mudanças no clima é possível e vale a pena – depende apenas de nossas ações.

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

## GENÉTICA VEGETAL

### TRANSGÊNICOS CONTROLADOS

O controle da fertilidade de plantas já é uma possibilidade, representando um importante passo para a produção de sementes híbridas. Transgênicos nos quais está ausente a expressão do gene que gera a proteína fosfatidil-cinase do tipo 4, fundamental para o processo reprodutivo vegetal, podem minimizar o impacto negativo no ambiente, evitando a contaminação de culturas naturais por grãos de pólen transgênicos. A pesquisa, realizada pelo Departamento de Genética do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), foi pioneira ao demonstrar a função crucial dessa proteína durante o desenvolvimento reprodutivo de plantas.

De acordo com o biólogo Márcio Alves-Ferreira, orientador do estudo, a família de proteínas do grupo fosfatidil-inositol cinase do tipo 4 (PI(4)K) atua no desenvolvimento do tapete, tecido que reveste as cavidades da antera, órgão vegetal onde são produzidos os grãos de pólen. A não expressão do gene que representa essa proteína gera plantas com esterilidade masculina, pois ela interfere diretamente na secreção do tapete. “Ela atua no desenvolvimento do tapete e sua ausência interfere na secreção desse tecido, que é o responsável por nutrir o grão de pólen. O problema na secreção do tapete resulta no desenvolvimento anor-



mal dos grãos de pólen, que acabam se degenerando”, explica Alves-Ferreira.

A pesquisa, desenvolvida como tese de mestrado da bióloga Aline Banhara e premiada no 1º Simpósio Nacional de Genética Molecular de Plantas, realizado em Natal (RN) em março, representa uma boa notícia para a agronomia, já que o maior problema da agricultura hoje é a possibilidade de fluxo gênico entre plantas transgênicas e não transgênicas, através da dispersão de grãos de pólen. O desenvolvimento de plantas com esterilidade masculina é uma das alternativas para evitar possíveis danos ao ambiente. Certas espécies, como as arbóreas (o eucalipto, por exemplo), em que não é necessária a produção de sementes, seriam as plantas ideais para utilização dessa estratégia.

O estudo esbarra em uma questão ética de uso de transgênicos. Alves-Ferreira comenta: “Plantas transgênicas são uma ferramenta fundamental para a agricultura moderna e a sua não utilização representaria um grande retrocesso. No entanto, é necessário empregar essa tecnologia sempre tendo em vista o menor impacto ambiental possível.”

**PORTO ALEGRE SOLAR** • O uso de energia solar ganhou um programa de incentivo em Porto Alegre (RS), onde foi sancionada uma lei que promove o uso e o desenvolvimento tecnológico para aproveitamento desse tipo de energia no aquecimento de água. A proposta surgiu a partir do seminário Cidades Solares, realizado no ano passado com o objetivo de incentivar o uso de aquecedores solares, em vez de chuveiros ou aquecedores elétricos ou a gás. A substituição da energia elétrica pela solar no aquecimento de água gerou, só em 2005, uma economia de mais de 380 mil MWh, segundo dados da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava).

**OBSERVATÓRIO NACIONAL PODE GANHAR HELIÔMETRO** • Depois de 30 anos de estudos com o astrolábio Danjon, o Observatório Nacional (ON) pretende construir um heliômetro, conforme projeto submetido à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Os pesquisadores do ON pretendem retomar o método clássico da heliometria, uma vez que a técnica utilizada pelo astrolábio, que identifica o instante do cruzamento do Sol com a linha do horizonte, pode levar a variações nas medidas do diâmetro solar. Já o heliômetro desdobra a imagem do Sol e mede a distância entre os dois sóis adjacentes, permitindo calcular com mais precisão a variação do seu diâmetro.

# Invasão de privacidade

**P**equena e perigosa, a aranha-marrom (*Loxosceles intermedia*) tornou-se um problema de saúde pública no Paraná. Em 2005, a Secretaria de Saúde do Estado (Sesa) recebeu 5.699 notificações de acidentes causados pela espécie – 3.598 deles na capital, Curitiba. Para rastrear a ação desse aracnídeo que atinge cerca de 4 cm na idade adulta, cientistas de vários órgãos de pesquisa paranaenses, com o apoio de pesquisadores de outras instituições brasileiras e do exterior, juntaram-se para realizar o projeto ‘Monitoramento e controle populacional da aranha-marrom’, que recebeu recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Araucária no âmbito do disputado Programa de Apoio a Núcleos de Excelência.

O envenenamento causado pelo ataque da aranha-marrom em geral apresenta coceira, dor, queimadura, vermelhidão, roxidão, in-



A teia da aranha-marrom tem formato irregular, assemelhando-se a algodão esfiapado. As demais espécies de aranha constroem teias mais simétricas

chaço, bolhas, enrijecimento e, dias depois, necrose da área picada; a vítima costuma sentir dor de cabeça, mal-estar, náusea e dores no corpo. Há risco de evolução para um quadro sistêmico mais grave, com comprometimento dos rins. De acordo com técnicos da Sesa, os casos de óbito causados pela picada estão relacionados

principalmente com complicações secundárias decorrentes do envenenamento.

As aranhas-marrons locomovem-se com grande desenvoltura, adaptando-se a diferentes condições ambientais. Os casais empregam vários tipos de sinais para reconhecer um ao outro, suprimir o comportamento predatório da fêmea (que pode devorar o macho) e viabilizar a fertilização. Isso explica em parte o êxito da espécie no processo de reprodução e ocupação de domicílios.

Na tentativa de compreender em detalhe o comportamento da aranha-marrom – inclusive os estímulos que desencadeiam o comportamento de ataque –, uma das estratégias adotadas pela equipe foi transformar em laboratório duas casas (sem moradores) em um município da região metropolitana de Curitiba. “Para facilitar o rastreamento, liberamos uma população de *L. intermedia* nessas residências, com vários indivíduos marcados com um pequeno ponto de tinta no dorso”, conta o coordenador do projeto, o bioquímico José Domingos Fontana, do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná. Os animais – filhotes e adultos de ambos os sexos – foram coletados na natureza e em áreas urbanas.

Nessas casas-laboratório, os pesquisadores testam metodologias de controle da aranha, que é monitorada sistematicamente através de câmeras instaladas em



Macho e fêmea da aranha-marrom em fase de pré-cortejo para o acasalamento

pontos estratégicos dos diferentes cômodos. Na residência que funciona como laboratório-controle, o monitoramento é feito sem medidas específicas de controle; na outra, são usados e avaliados métodos de controle integrado (que associam dois ou mais desses métodos). Com esses experimentos, pretende-se não só conhecer melhor a biologia da espécie (reprodução, comunicação e dispersão), mas também estabelecer métodos de controle alternativos: predação por outros animais; uso de produtos naturais e substâncias sintéticas repelentes e desalojantes; controle populacional por meios físicos, como aspirador de pó, ou a partir de alterações do micro-habitat nos domicílios.

Os estudos destinados a verificar a ação de pesticidas constataram a baixa eficiência dos produtos comumente utilizados pela população e por empresas que fazem controle de pragas. O bioensaio que levou a essa evidência empregou um grande número de indivíduos, o maior de que se tem notícia na literatura sobre o tema. Às vezes o princípio ativo desses produtos é ineficaz ou é empregado em quantidade insuficiente para matar a aranha-marrom, que requer doses bem maiores que as necessárias para destruir insetos em geral. Diante do risco que a manipulação e exposição indevidas representam para a saúde humana, esses produtos devem ser usados com cautela. Fontana recomenda que se empregue apenas material de uso profissional, manipulado por empresas com experiência em controle de pragas. As substâncias devem ser aspergidas nos locais certos e ficar em contato com as aranhas o tempo necessário para eliminá-las.

### Cooperação internacional

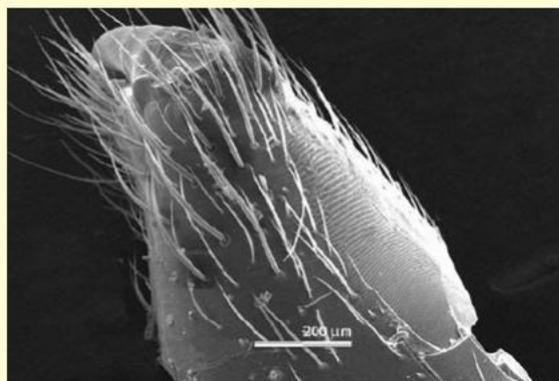
Além de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), cientistas es-

trangeiros que participam do projeto têm dado colaborações importantes. Andrej Cokl, do Instituto Nacional de Biologia de Liubliana, Eslovênia, esteve duas vezes em Curitiba para visitas técnicas. Especialista em detecção, registro e interpretação da comunicação acústica e vibracional entre insetos e outros invertebrados de pequeno porte, Cokl mostrou que, entre as aranhas-marrons, esse tipo de comunicação é essencial no cortejo e na cópula entre elas. Esse estudo foi essencial para se compreender melhor o mecanismo de proliferação da espécie em ambientes antrópicos.

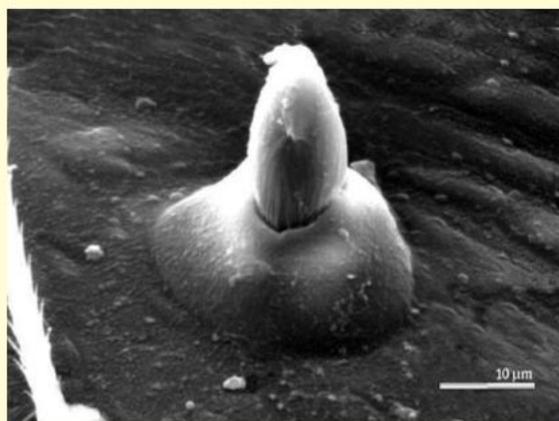
Especialistas da Universidade da Califórnia e do Instituto de Química Orgânica da Universidade de Braunschweig, Alemanha, participam das etapas do projeto que envolvem o isolamento e a identificação de compostos secretados pela aranha-marrom que permitem a comunicação entre indivíduos. Eles já caracterizaram compostos voláteis usados na comunicação intra-específica (que ocorre em um grupo de indivíduos da mesma espécie) de borboletas, como o ácido acético esterificado com álcoois insaturados, e estão examinando amostras de substâncias isoladas da aranha-marrom.

Os estudos experimentais permitiram também avaliar a eficiência de possíveis predadores naturais da aranha-marrom – outras aranhas, vespas e, principalmente, a lagartixa-de-parede (*Hemidactylus mabouia*) são fortes candidatos a fazer parte dos planos de controle do aracnídeo – e constataram a eficácia do aspirador de pó em programas de controle. “Em condições experimentais, todas as aranhas-marrons aspiradas pelo equipamento morreram”, conta Fontana.

Os resultados obtidos durante a realização do projeto darão subsídios para o desenvolvimento de



Quelícera da aranha-marrom vista ao microscópio eletrônico de varredura (aumento de 104 vezes). Essa estrutura, responsável pela inoculação do veneno, é provida de cerdas sensoriais



Pino estridulador da *Loxocles intermedia* visto ao microscópio eletrônico de varredura (aumento de 1.982 vezes). Essa estrutura está presente nos palpos, utilizados para dominar as presas e nelas inserir a quelícera

métodos de controle de outras espécies de aranha-marrom, como *Loxosceles gaucho*, que ocorre em São Paulo, e *L. laeta*, mais comum em Santa Catarina. Vale lembrar que alguns desses resultados deram origem a pedidos de patentes, já encaminhados ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Destacam-se, entre outros, o desenvolvimento de compostos químicos eficientes para repeli-la e desalojá-la de domicílios, com baixa toxicidade para o ser humano.

### Dâmaris Thomazini

Especial para *Ciência Hoje*/PR

Protótipo, em escala reduzida, do trem de levitação magnética desenvolvido por pesquisadores brasileiros



DANIELE RIVERA

**ENGENHARIA ELÉTRICA** Rio de Janeiro pode ganhar trem de levitação magnética

## Sobre trilhos urbanos

O trem de levitação magnética pode sair dos galpões da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e ganhar as ruas da cidade. Com tecnologia desenvolvida pelos pesquisadores do Laboratório de Aplicações de Supercondutores (Lasup), da Escola Politécnica e do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), o Maglev (de *magnetic levitation*, em inglês) da UFRJ é um trem de levitação magnética baseada em supercondutores.

Criado em 1998 por Roberto Nicolsky, do Instituto de Física, em colaboração com Richard M. Stephan e Rubens de Andrade Jr., da Escola Politécnica e da Coppe, respectivamente, o Lasup tem vários trabalhos de aplicações de supercondutores, entre os quais encontra-se o projeto Maglev, coordenado por Stephan. Além do desenvolvimento do protótipo, o Laboratório estuda formas de viabilizar o projeto. Eduardo Gonçalves

David, da área de engenharia de transportes, é o responsável pela elaboração de propostas para que esses veículos possam ser inseridos no cenário de transportes públicos brasileiro.

Inicialmente, o uso desse sistema de transporte foi considerado para a construção de uma linha que ligaria Rio de Janeiro e São Paulo. David acredita, no entanto, que os custos iniciais elevados dificultariam a captação de recursos. Por isso, ele propõe que a viabilização do projeto se dê, em princípio, em meio urbano. “Apenas mudamos o foco da discussão e passamos a pensar no Maglev, rodando em menor velocidade, como uma alternativa ao metrô, no Rio de Janeiro”, afirma o engenheiro, que participa do Laboratório de Estudos e Simulações de Sistemas Metroferroviários da UFRJ (Lesfer).

Segundo seus idealizadores, as vantagens do Maglev sobre o metrô são muitas. Seu custo de im-

plementação é menor por ter a infra-estrutura mais leve e não precisar de rodas e trilhos convencionais. O esforço de sustentação também é menor, já que fica distribuído ao longo dos blocos supercondutores e não acumulado sobre as rodas: “O peso chega a ser 50% inferior ao de um veículo leve sobre trilhos (VLT) e um terço do peso do metrô, tendo a capacidade de acomodar a mesma quantidade de passageiros”, informa David. Além disso, o trem de levitação é mais econômico por exigir menor manutenção e seus materiais terem boa durabilidade, cerca de 20 anos.

O fato de o Maglev vibrar menos e ser mais silencioso viabiliza o seu funcionamento na superfície, tornando menor o investimento inicial. Ele pode adaptar-se em vias elevadas ou ainda compartilhar o espaço das vias urbanas ao utilizar os canteiros centrais das vias duplas, evitando a necessidade de desapropriações. Stephan destaca,

ainda, que se trata de um meio de transporte não poluente: “No momento em que o país se empenha em implementar formas de não emitir carbono no ambiente, o Maglev ganha mais interesse.”

Proposta elaborada por David esboça linhas do Maglev em velocidade baixa (de 30 a 120 km/h), ligando o Aeroporto Santos Dumont à estação da Cinelândia, atravessando a baía da Guanabara aproveitando as colunas da Ponte Rio-Niterói, em um nível inferior ao da ponte, ou ligando a Rodoviária Novo Rio à estação Estácio do metrô. Até agora, o projeto foi financiado pelo CNPq, pela Capes e pela Faperj. Recentemente foi iniciada uma parceria com o Instituto Leibniz para Pesquisa de Estado Sólido e Materiais (IFW), em Dresden, Alemanha. “O Maglev já provou ser o transporte do futuro. Ele representa uma quebra de paradigmas”, conclui David.

### Tecnologia nacional

Deslizando sobre trilhos feitos de imã, o pequeno trem é capaz de percorrer suavemente 30 m de extensão do circuito, sem fazer qualquer barulho. O protótipo de Maglev, construído no espaço da Escola Politécnica, funciona desta forma: o técnico enche um recipiente contendo blocos supercondutores com nitrogênio líquido. Depois, ele se movimenta através de repulsão magnética que o faz levitar e da tração promovida por um motor linear.

Os conhecidos ‘trens bala’, como o famoso TGV da França ou o Shin-Kan-Sen japonês, podem causar confusão com o Maglev. Os trens bala, no entanto, funcionam com rodas e trilhos, diferenciando-se dos veículos tradicionais por sua capacidade de atingirem maiores velocidades. Já o deslocamento através de levitação magnética pode acontecer de três maneiras: utilizando a tecnologia eletromagnética, eletrodinâmica ou supercondutora.

“A levitação eletromagnética tem como princípio físico básico a atração do ferro por um ímã”, explica Stephan. A levitação do tipo eletrodinâmica depende de correntes induzidas e precisa de movimento inicial, como o decolar dos aviões. A Alemanha é líder de pesquisa de levitação eletromagnética e vendeu essa tecnologia para a China, que hoje convive com o exemplo de sucesso do Transrapid. O trem alemão faz em sete minutos o percurso de 30 km entre o Aeroporto Internacional de Pudong e o distrito financeiro Lujiazui, em Xangai.

A levitação eletrodinâmica possui um protótipo em escala real no Japão, líder nessa tecnologia, mas ainda não se encontra em uso comercial.

Já o sistema de levitação supercondutora pesquisado pelos professores da UFRJ cria uma repulsão magnética parcial no interior dos supercondutores, substitutos das tradicionais rodas. Esse fenômeno, chamado de efeito Meissner, fornece a força de levitação e dá estabilidade. Essa tecnologia só pôde ser explorada a partir do final dos anos 80, com o surgimento dos supercondutores de elevada temperatura crítica. A essa altura, Alemanha e Japão já estavam profundamente envolvidos com os seus sistemas de levitação eletromagnética e eletrodinâmica.

“O nosso objetivo é usar essa tecnologia para criar um pólo interdisciplinar na própria universidade, com as engenharias, a arquitetura e o desenho industrial”, afirma Stephan. A meta é desenvolver uma linha-piloto do Maglev em escala real no *campus* da UFRJ, a fim de consolidar ainda mais o projeto e captar maiores investimentos para a aplicação da tecnologia nos meios de transporte urbanos.

**Fabíola Bezerra**  
*Ciência Hoje/RJ*

### MEDICINA

## CIRURGIA VIA ORIFÍCIOS NATURAIS

A primeira retirada de vesícula por via transvaginal em humanos foi realizada por médicos brasileiros em março último. A operação, inédita no mundo, é parte de uma nova técnica de cirurgia desenvolvida em 2004 na Universidade Johns Hopkins, em Baltimore (Estados Unidos), que usa os orifícios naturais do corpo – boca, reto, vagina e uretra – como via de entrada para os procedimentos. No Brasil, o grupo de pesquisa em Notes (sigla em inglês para Cirurgia Endoscópica Transluminal por Orifícios Naturais) do Serviço de Gastroenterologia do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF), no Rio de Janeiro, concentrou-se no estudo da via transvaginal.

“Os pesquisadores no exterior investem mais na via transoral, que pode ser usada para qualquer paciente, independentemente de gênero, mas como 85% dos problemas de vesículas ocorrem em mulheres, nosso procedimento atende a um problema de saúde pública”, conta o médico e professor Ricardo Zorrón, coordenador do grupo.

Os testes começaram em suínos, quando o grupo aperfeiçoou a técnica e adaptou os instrumentos, como o endoscópio flexível. Em 21 de março, a equipe realizou a primeira cirurgia em uma paciente do Hospital das Clínicas de Teresópolis (RJ). Desde então, mais duas operações foram feitas. Entre as vantagens da técnica, Zorrón destaca a ausência de incisão na pele, o que evita infecções, hérnias e aderências, bem como auxilia no efeito estético; menor nível de dor pós-operatória, reduzindo a necessidade de analgésicos; e a rápida recuperação. Normalmente, 48 horas depois da cirurgia a paciente pode retomar suas atividades, em contraste com os 15 dias necessários após uma intervenção padrão.

Mas o coordenador ressalta que os benefícios ainda precisam ser confirmados. “Vamos comparar os resultados com os de um grupo operado pelo método padrão”, observa. Os pesquisadores pretendem publicar seus resultados em congressos internacionais e, posteriormente, iniciar o treinamento de profissionais na nova técnica. “A Notes é, possivelmente, a terceira grande revolução da medicina cirúrgica, depois da anestesia e da videocirurgia”, conclui Zorrón.

**ENGENHARIA COSTEIRA** Cientistas discutem como evitar danos causados pelo aumento do nível do mar

## Rio de Janeiro submerso?

O nível médio do mar pode aumentar entre 30 e 60 cm até o ano de 2100 em decorrência das mudanças climáticas, afirmam os pesquisadores. O que aconteceria com o Rio de Janeiro, um dos pontos turísticos mais famosos do Brasil, em um cenário como esse? Cientistas brasileiros afirmam que, se medidas preventivas forem tomadas desde já, os efeitos mais graves serão evitados. As praias de enseada, como as de Copacabana e Ipanema, podem ser mantidas praticamente como são hoje por meio do acréscimo de areia. Em praias mais abertas, como a da Barra da Tijuca, seria necessário construir estruturas transversais, criando enseadas para melhor retenção do acréscimo de areia. As regiões de baixada, que seriam as mais afetadas, devido ao aumento do volume e da frequência das inundações naturais, precisariam de um plano de remoção da população das áreas de risco. O aumento do nível do mar dificultaria ainda mais a macrodrenagem dessas regiões, aumentando as inundações. O maior problema seriam os custos dessas obras.

Segundo Paulo César Rosman, professor de Engenharia Costeira e Oceanográfica do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a elevação do nível do mar é um assunto discutido na área de gerenciamento costeiro há mais de 20 anos e, por isso, muitas soluções já são conhecidas. Em locais como Ipanema e Leblon, nos quais o cordão de dunas original foi coberto por ruas e calçadas, o mais viável seria a reposição de areia, que poderia vir, por exemplo, da entrada da baía de Guanabara. Essa medida exigiria investimentos de cerca de R\$ 5 milhões por quilômetro de linha de praia, teria impacto paisagístico positivo e manteria a orla como espaço de lazer e turismo.

O que realmente preocupa o engenheiro é um assunto pouco estudado: a alteração da direção de propagação das ondas. Rosman explica que as mudanças climáticas podem interferir nos padrões da circulação atmosférica que controla a direção dos ventos. Essa modificação faria com que

as ondas se comportassem de maneira diferente, alterando o alinhamento da faixa de areia. “Esse é um fenômeno que poderia provocar sérios danos à costa urbanizada”, afirma.

Rosman destaca ainda outro problema: a falta de informações detalhadas sobre as áreas potencialmente inundáveis. “A cidade de Recife, em Pernambuco, é uma das poucas no país com esse tipo de levantamento, porque é também uma das mais vulneráveis.” No Rio de Janeiro, não há dados atualizados de altura do terreno costeiro em relação ao nível do mar, de topografia de orla, de profundidade de lagoas e baías. Segundo o pesquisador, tais dados deveriam ser levantados com urgência para permitir estimativas de custo realistas das intervenções necessárias.

### Regiões mais afetadas: as mais pobres

Enquanto na orla os efeitos do aumento do nível do mar são contornáveis, na baixada fluminense o problema é mais grave. Paulo Canedo, da área de Recursos Híd-

dricos da Coppe, usa o exemplo do rio Sarapuí, que corta os municípios de Nova Iguaçu, Mesquita, Belford Roxo, Nilópolis, São João de Meriti e Duque de Caxias, para mostrar o que pode acontecer em áreas de baixada litorânea de todo o país. “Hoje, na maré alta, a influência da água salgada avança 15 km pelo leito do rio Sarapuí. Com a elevação permanente do nível do mar, esse valor aumentará e as inundações atingirão as populações de baixa renda instaladas nas margens”, explica Canedo, lembrando que a entrada de água salgada nos rios é um fenômeno natural que se intensificará muitíssimo com o aumento do nível do mar.

No passado, a solução encontrada foi a construção de diques e pôlderes (elevações artificiais da margem com sistema mecânico para escoar a água). Porém, a instalação de novos diques não seria necessariamente a melhor alternativa no futuro. “Essas são construções caras e difíceis de projetar, até pela falta de espaço disponível. Hoje muitas pessoas moram em torno e até em cima dos diques”, observa Canedo.

Os pesquisadores afirmam ainda que pode haver comprometimento dos locais de captação de água para abastecimento da cidade. Com a maior intrusão da água salgada, eles passariam a ter água salobra em vez de doce.

Esses dados foram apresentados no seminário Adaptação e Vulnerabilidade da Cidade do Rio de Janeiro à Elevação do Nível do Mar pelo Aquecimento Global, realizado em março na Coppe. A boa notícia dada no evento é que há tempo para planejar e agir de forma a evitar os danos. Ou seja: Copacabana submersa, só na ficção.

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

**PRIMEIRA REDE ÓPTICA EM BELÉM** • A capital paraense abriga desde o mês passado a primeira rede óptica metropolitana do país para a comunidade acadêmica. Batizada de MetroBel, a rede é um projeto-piloto das Redes Comunitárias de Educação e Pesquisa (Redecomep), iniciativa do Ministério da Ciência e Tecnologia. O objetivo da Redecomep é garantir a transmissão de dados de pesquisa em alta velocidade, possibilitando a cooperação entre grupos de pesquisadores de diferentes locais do país. A instalação da rede em Belém deve proporcionar maior integração da região amazônica com outros centros de pesquisa do país.

## HISTÓRIA

### CRÔNICAS DA BACIA DE ITABORAÍ

No início, a proposta era fazer um levantamento dos fósseis encontrados na bacia de São José de Itaboraí (RJ), local do primeiro registro paleontológico de mamíferos do Paleoceno no Brasil. Mas acabou crescendo e passou a incluir também uma síntese histórica da importância científica da região e um banco de imagens. É o que o leitor encontrará no livro *Bacia de São José de Itaboraí – 75 anos de História e Ciência*. Idealizado pela paleontóloga Lílian Paglarelli Bergqvist, co-coordenadora do Laboratório de Macrofósseis da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A obra, que começou a ser elaborada em 2000, foi se ampliando: “A intenção passou a ser mostrar tudo o que se conhece da área até hoje, incluindo não só as pesquisas, como também os cientistas envolvidos e a história do lugar”, conta Bergqvist.

Embora a bacia seja relativamente pequena – 1,5 km de comprimento por 500 m de largura –, o material lá encontrado é bastante diverso, especialmente no caso de mamíferos. “Não há como estudar esse grupo sem pesquisar os fósseis da bacia”, afirma a paleontóloga. A importância é tanta que o local emprestou seu nome a uma das sub-

divisões de idade geológica que cobre o desenvolvimento dos mamíferos na América do Sul – a idade Itaboraiense. Apesar disso, não se pode mais fazer pesquisa na área, pois a exploração comercial de calcário, realizada pela Companhia de Cimento Portland Mauá, que permitia o acesso aos fósseis, foi encerrada e a depressão deixada pela atividade está hoje alagada, impedindo a retirada de mais material. Segundo Bergqvist, nos últimos dois anos surgiu um movimento de pesquisadores e da própria comunidade para que o Parque Paleontológico da Bacia de Itaboraí, criado em 1995, seja voltado para a ciência e o público.

Patrocinado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, o livro se divide em três partes: texto histórico, catálogo de fósseis e fotografias. Com tiragem de 500 exemplares e 200 versões em CD, a obra está sendo distribuída gratuitamente para bibliotecas e instituições de pesquisa. “Quem quiser um livro ou CD, pode entrar em contato comigo no endereço bergqvist@geologia.ufrj.br”, informa a paleontóloga, que pretende fazer uma segunda edição, revista e ampliada, daqui a três ou quatro anos.

FOTO CEDIDA POR LÍLIAN BERGQVIST



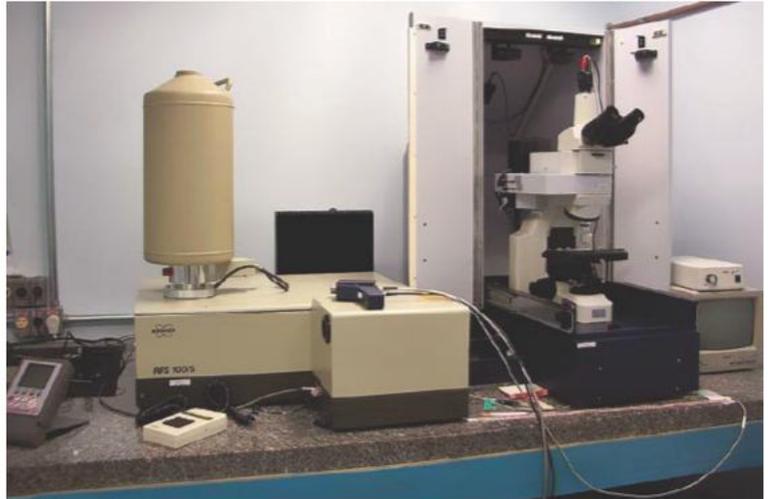
A bacia de São José de Itaboraí (RJ) já foi um local de grande extração de fósseis, como na década de 1960 (A). Hoje (B), já não existe mais essa atividade, pois a área está alagada

# Diagnóstico não invasivo de tumores

O aparelho de espectroscopia Raman usa um *laser* para identificar tecidos tumorais

**D**iagnósticos feitos em dois minutos sem a necessidade de se retirar tecido do paciente. Esse pode ser o futuro para o tratamento do câncer graças a uma técnica de análise bioquímica utilizada por pesquisadores do Laboratório de Espectroscopia Vibracional Biomédica (LEVB), da Universidade do Vale do Paraíba (Univap). Chamada espectroscopia Raman, ela emprega *laser* de baixa intensidade para identificar a composição bioquímica de um tecido. Com 100% de especificidade (nenhum falso negativo) e 97% a 98% de sensibilidade (alguns falsos positivos) nos testes, a técnica pode, no futuro, substituir a biópsia tradicional, que requer a retirada de um pedaço de tecido do paciente e cujo resultado demora de cinco a seis dias.

A pesquisa brasileira surgiu quando o físico Airton Martin, coordenador do LEVB, teve contato com a espectroscopia Raman durante seu doutorado no Canadá, em 1986. Martin trouxe a aplicação da técnica para cá e tem trabalhado nela desde então. “O estudo começou a deslanchar na década de 1990, mas o impacto só foi maior a partir de 2000, quando os problemas tecnológicos começaram a ser resolvidos”, conta o físico. Ele acredita que a espectroscopia Raman será o novo padrão de ouro da medicina moderna, que está sempre à procura de técnicas e tratamentos menos invasivos e com resultados cada vez mais em tempo real. “Nessa técnica, basta inserir um feixe de fibra óptica de 1 mm de diâmetro no



LABORATÓRIO DE ESPECTROSCÓPIA VIBRACIONAL BIOMÉDICA/UNIVAP

paciente e guiá-lo até o local do tumor. Lá, um feixe de *laser*, que equivale em intensidade aos sinalizadores usados em palestras, é emitido pela fibra central e o espalhamento da luz captado pelas fibras periféricas. O processo dura no máximo dois minutos”, explica.

## Tecidos tumorais e redes neurais

Quando um material biológico é iluminado, a luz é absorvida e/ou refletida diferentemente pelas diversas moléculas que constituem a amostra. Essas diferenças permitem identificar qualquer alteração bioquímica nessas substâncias. Mas, para isso, é necessário ter um banco de dados espectral, cujos registros indicam que tipo de espalhamento da luz está relacionado a qual alteração.

Para criar esse banco de dados, a equipe do LEVB utilizou inicialmente amostras de tecido congeladas. Estas eram lidas com o *laser*

e depois analisadas histologicamente pela técnica padrão. Assim, conseguia-se correlacionar a leitura espectroscópica ao perfil bioquímico da amostra. Posteriormente, os pesquisadores passaram a coletar amostras de tecido tumoral de pacientes dos hospitais do Câncer, em São Paulo, e Vivalle, em São José dos Campos (SP). “Realizamos de três a quatro espectros no material proveniente de cada paciente”, informa Martin. Os pesquisadores conseguiram assim 844 leituras de câncer de mama e de 150 a 180 de cólon. Eles realizaram ainda estudos sobre câncer de pele em colaboração com a Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

A eficiência do banco de dados foi testada através de testes cegos. Uma amostra desconhecida foi lida com o *laser* e o resultado submetido a um programa de computador que utiliza rede neural (capaz de aprender), o qual comparava os dados obtidos pela leitura

com os registros do banco de dados e gerava um diagnóstico. “Os testes mostraram que o sistema tem um alto grau de especificidade e sensibilidade”, relata o coordenador do LEVB.

O grupo já realizou testes *in vivo*, mas apenas em modelos animais. Segundo Martin, obter autorização para testar o procedimento em humanos – os parâmetros para tal já foram desenvolvidos – é um dos próximos passos. “Essa técnica, além de fornecer um rápido diagnóstico, pode diminuir o impacto da cirurgia, já que é capaz de identificar as bordas da lesão, permitindo ao médico retirar apenas o tecido comprometido”, comenta Martin.

Outros objetivos do LEVB incluem o desenvolvimento de uma versão portátil do equipamento, a simplificação do seu uso e a automatização da leitura de lâminas. “Acredito que em cinco anos teremos um sistema com 60 cm por 40 cm e que use um emissor de *laser* de diodo, com apenas 15 cm”, afirma o coordenador. Segundo ele, a simplificação visa a que o aparato possa ser usado por um técnico. Atualmente, ele tem que ser operado por um físico. Martin também deseja criar um sistema que permita analisar lâminas com amostras histológicas automaticamente. “O dispositivo lerá o material e o programa diria se a amostra é de um tecido sadio ou tumoral”, conta.

Além do Brasil, a espectroscopia Raman vem sendo pesquisada em outros países. Há vários grupos estudando a técnica e o LEVB interage com equipes da Alemanha e dos Estados Unidos. Cada uma se concentra em uma área, sendo a especialidade brasileira o câncer de mama. “A idéia é, no futuro, padronizar os diversos achados para a técnica”, conclui o físico.

**Fred Furtado**  
Ciência Hoje/RJ



METEOROLOGIA

## NÚMERO 1 EM RAIOS

Se visitar São Caetano (RS), cuidado com os dias de chuva – a cidade possui a maior densidade de descargas elétricas (número de raios que cai no município dividido pela sua área) do Brasil. O dado consta no levantamento feito pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (Elat), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), que contabilizou a quantidade de raios que cai em mais de 3 mil cidades brasileiras. O trabalho inclui toda a região Sul e Sudeste, os estados de Goiás e Mato Grosso do Sul.

Os 10 primeiros lugares estão todos ocupados por municípios de São Paulo e do oeste do Rio Grande do Sul. “Isso acontece porque a capital paulista, devido à intensa urbanização, é uma ilha de calor que estimula as descargas elétricas. Já a região gaúcha se encontra próxima ao norte da Argentina, área em que se formam as maiores e mais longas tempestades da América do Sul”, explica o engenheiro eletrônico Osmar Pinto Jr., coordenador do Elat. Ele ressalta que os

valores apresentados são ajustados à área da cidade. “Por exemplo, em termos absolutos, Corumbá é o município com o maior número de raios, cerca de 568 mil por ano. Mas quando ajustamos os dados para a sua área, que equivale quase à de um estado, sua colocação cai”, observa Pinto Jr.

Segundo o engenheiro, o trabalho é uma maneira de quantificar os efeitos da urbanização, da poluição e, no futuro, do aquecimento global. Além disso, o estudo pode auxiliar na proteção contra os danos causados por raios, como a sobrecarga de sistemas elétricos. “Podemos, inclusive, usar os dados para avaliar o desempenho de tecnologias protetoras, cuja eficácia e durabilidade não têm como ser bem aferidas nas áreas de pouca incidência”, informa o coordenador, que pretende continuar realizando levantamentos a cada dois anos, sempre expandindo a área de cobertura. “A idéia é ter um monitoramento contínuo do país”, conclui.

ELAT/INPE

**NOVO PARASITO NO ESPÍRITO SANTO • O helminto *Angiostrongylus cantonensis*, causador de um tipo de meningite e encontrado até então somente em regiões da África e da Ásia, foi identificado em Cariacica e Vila Velha, municípios da Grande Vitória, no Espírito Santo. A descoberta, da equipe do Laboratório de Helmintoses Intestinais do Instituto René Rachou (IRR), da unidade da Fiocruz em Minas Gerais, se deu a partir de casos de indivíduos que tinham ingerido moluscos (lesmas) do gênero *Biomphalaria*, hospedeiros do parasito, e apresentavam sintomas de meningite. A meningoencefalite eosinofílica, doença causada pelo verme, despertou a atenção das secretarias de saúde de Cariacica e do estado, que enviaram os moluscos para serem pesquisados pelo IRR.**

## Márcia de Oliveira Teixeira

*Laboratório de Iniciação Científica (Provoc) e Vice-presidência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, Fundação Oswaldo Cruz*



## Carlos José Saldanha Machado

*Laboratório de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde, Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica, Fundação Oswaldo Cruz*

# Panorama da inovação em saúde pública

**Nos últimos anos, a necessidade de conectar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico à política nacional de saúde ganhou força. A discussão, elaboração e implantação de uma política nacional de ciência, tecnologia e inovação na área da saúde pública depende da criação de um sistema nacional de inovação que não ignore a lógica atual do mercado, caracterizado pela globalização e pela competição, e os princípios da reforma sanitária brasileira, expressa na forma de uma estrutura pública, gratuita e adaptada às diferenças socioculturais e aos problemas de saúde de cada região do país.**

O processo de 'reforma sanitária' brasileiro, que começou no final da década de 1970 e se consolidou com a promulgação da constituição de 1994, logrou a construção de um sistema de saúde público fortemente estatal, permanentemente aprimorado pela ação dos usuários, dos trabalhadores e dos gestores, articulados na figura do Conselho Nacional de Saúde e reunidos nas Conferências Nacionais de Saúde. Embora a ciência e a tecnologia, expressas no binômio 'pesquisa e desenvolvimento tecnológico', sejam eixos estruturantes da política nacional de saúde desde seus primórdios, elas estiveram afastadas do núcleo da reforma sanitária. Desde então, percebe-se um acentuado descolamento entre a política de saúde e a científica e tecnológica, situação que vem se agravando, em parte, pela descontinuidade de ações governamentais focadas na ciência e tecnologia. Essa descontinuidade compromete a implantação de uma

política nacional de ciência, tecnologia e inovação em saúde e o estabelecimento de um marco legal regulatório dessa política adequado à realidade da administração pública. Simultaneamente, é necessário empreender uma profunda revisão do conjunto de dispositivos jurídicos vigentes, os quais foram editados separadamente ao longo das últimas décadas e precisam ser consolidados.

Nos últimos anos, porém, o Sistema Único de Saúde (SUS) tem sido pressionado por uma série de fatores que geram questionamentos e, em um segundo momento, por tentativas de reversão da posição secundária da ciência e da tecnologia em saúde. É preciso, portanto, que o SUS enfrente os desafios relacionados à radical transição demográfica de uma sociedade rural para uma urbana, somada à acumulação epidemiológica – efeito imediato do abrupto crescimento populacional de um país, onde doenças típicas de nações com maior desenvolvi-

mento relativo (como o diabetes) convivem com aquelas próprias de países menos desenvolvidos (como a hanseníase). O Brasil levou 450 anos para atingir 50 milhões de habitantes – população de 1950 – e depois, em apenas cinco décadas, ultrapassou os 180 milhões, sendo que mais de 80% desse contingente vivem em cidades de porte variado. Tanto a transição demográfica quanto a acumulação epidemiológica têm implicações na organização do sistema de saúde, no seu financiamento e na formação de seus trabalhadores.

Ao mesmo tempo, a base científica e tecnológica do setor de saúde vive um intenso processo de transição, dominado pela emergência de novos campos científicos: 1) a proteômica – o estudo do proteoma, conjunto de proteínas contidas em uma célula, determinadas pelos seus genes; 2) a genômica – o estudo do conjunto dos genes (genoma) de um organismo; 3) a bioinformática – o uso combinado de conhecimentos de química, física, biologia e ciência da computação para organizar e selecionar dados biológicos, identificar genes e moléculas orgânicas, prever a configuração de proteínas e simular processos biológicos, entre outras aplicações; e 4) a nanotecnologia – o estudo da produção de novos materiais em escala nanoscópica, a partir da manipulação dos átomos.

Esse processo está alterando a pesquisa tecnológica em saúde em muitas áreas, entre elas a que estuda as doenças parasitárias e infecciosas (por exemplo, malária e hanseníase) a partir do uso intensivo da tecnologia do DNA recombinante (que permite isolar e manipular fragmentos do DNA de um organismo e uni-los a fragmentos genéticos de outros). Entra em pauta, portanto, o desenho de novos produtos (vacinas, medicamentos, kits para diagnóstico), de processos para a produção de in-

## A atenção à saúde está aberta à incorporação permanente e acelerada de novas tecnologias, independentemente de sua eficácia para a saúde humana, ou seja, de seu poder curativo ou preventivo

sumos (como uma vacina para a dengue), e de novas metodologias para a prevenção, o tratamento e o diagnóstico de doenças transmissíveis e não transmissíveis, tanto as negligenciadas quanto as doenças urbanas emergentes e as crônicas degenerativas.

Simultaneamente, a assistência à saúde tem sido convulsionada pela rápida incorporação de tecnologias de diagnóstico, de tratamento e, sobretudo, de intervenção, como o uso crescente de tecnologias de imagens em procedimentos cirúrgicos. Desse modo, a atenção à saúde, realizada em unidades de média e alta complexidade (hospitais), experimenta hoje, no Brasil, um movimento de aprimoramento tecnológico. Confirma-se, assim, a tese de que a atenção à saúde está aberta à incorporação permanente e acelerada de novas tecnologias, independentemente de sua eficácia para a saúde humana, ou seja, de seu poder curativo ou preventivo.

**P**arte significativa da tecnologia de média e alta complexidade empregada nos serviços de saúde, em ambulatórios de especialidades, hospitais e centros de reabilitação, é desenvolvida por organizações de capital majoritariamente privado e internacionalizado que atuam em várias partes do mundo. Assim, 80% da produção nacional de insumos de saúde provêm de subsidiárias de empresas de capital privado internacional, enquanto 20% são gerados por empresas públicas e privadas de capital pre-

dominantemente nacional. As instituições de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em saúde também mostram elevada dependência da aquisição de insumos de pesquisa importados como, por exemplo, reagentes e equipamentos. Esse fato aumenta, ainda mais, a participação do capital privado internacional na produção de tecnologias em saúde. Por outro lado, a contínua mudança na base tecnológica intensifica a geração de produtos com alto valor agregado, o que se reflete em seus preços.

Esse panorama vem incitando, nos últimos anos, o debate sobre a participação da ciência e tecnologia em saúde no SUS e sobre a posição desse binômio no processo de reforma sanitária nas próximas décadas. Propõe-se, agora, fortalecer a importância da ciência e a tecnologia dentro da política nacional de saúde e do próprio SUS. Trata-se, assim, de articular, construir e implantar uma 'Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde'.

A recomposição dessas relações entre ciência, tecnologia, inovação e saúde já vem resultando em ações governamentais. O motivo dessa atitude é a necessidade de acelerar e intensificar o desenvolvimento de tecnologias com alto potencial de absorção pelo setor produtivo nacional e pelo SUS, como a produção de novas vacinas (contra leishmaniose e dengue, por exemplo) e medicamentos. Entre outras iniciativas, destacam-se a organi- ▶

zação da 2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde, a estruturação da Agenda Nacional de Prioridades de Pesquisa em Saúde e o financiamento direto e sistemático de pesquisas pelo Ministério da Saúde, em associação com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do Ministério de Ciência e da Tecnologia. Tais iniciativas estão em sintonia com um conjunto de ações ligadas à política nacional de ciência e tecnologia, como os fundos setoriais, as conferências de ciência, tecnologia e inovação e a Lei da Inovação.

Nos últimos cinco anos, o governo federal vem promovendo uma série de mudanças no rumo da política científica e tecnológica, centradas no fortalecimento do componente tecnológico. Para alcançar esse resultado, entre outros aspectos, elegeu a ampliação da participação do setor empresarial privado nas ações de pesquisa e desenvolvimento e a articulação das atividades de pesquisa com a produção industrial. Essas iniciativas encontraram respaldo legal

a partir da promulgação da Lei de Inovação (2 dezembro de 2004) e da Lei de Parcerias Público-privadas (30 de dezembro de 2004), bem como uma âncora política com o estreitamento dos debates em torno das políticas industriais, de ciência e tecnologia e de comércio exterior.

Algumas ações são particularmente estratégicas para o atual contexto brasileiro do setor saúde, por estimularem um reordenamento da atividade tecnológica realizada pelos institutos públicos de pesquisa nesse setor. Destacam-se: 1) a criação de fundos setoriais em saúde e em biotecnologia, geridos pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep); 2) a abertura de linhas de crédito, como a do Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Farmacêutica (Profarma), proposta pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); 3) a regulamentação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); e 4) o Programa Nacional de Competitividade em Vacinas (Inovacina), promulgado

em 2006, que acena com uma nova linha de financiamento para o fomento à pesquisa tecnológica e à produção de vacinas.

Entretanto, o elemento singular do contexto descrito acima é a emergência, a partir dos anos 90, das noções de 'inovação' e de 'sistema nacional de inovação'. Essa emergência evidencia a preocupação com a aceleração e a intensificação do desenvolvimento de tecnologias com alto potencial de absorção pelo setor produtivo nacional e, em particular, pelo SUS, bem como com a estruturação de organizações voltadas para a inovação. Tais organizações, entre outras características, deveriam estimular o desenvolvimento de alta capacidade de colaboração interna e externa, a partir da formação de extensas redes cooperativas que ampliem a concepção, a difusão e a transferência de conhecimentos e tecnologias.

A noção de inovação procura expressar a ênfase na pesquisa tecnológica afinada com a estrutura de produção para o mercado globalizado. Felizmente, o objetivo das ações governamentais vem sendo o de acelerar o processo de estruturação do sistema nacional de inovação, através do fortalecimento das atividades de pesquisa tecnológica e de inovação dentro das instituições públicas de pesquisa.

A premência da reestruturação organizacional para a inovação tem repercutido entre as instituições de pesquisa em saúde. Pode ser citada, como exemplo, a Fundação Oswaldo Cruz, que completou 107 anos em maio último. Com ações nas áreas de assistência, produção (de vacinas, reagentes, kits para diagnóstico e medicamentos), pesquisa e desenvolvimento tecnológico, a Fiocruz adotou nos últimos cinco anos medidas que visam fortalecer a capacidade interna de inovação. Além de lançar programas de indução à pesquisa em insumos e



FIOCRUZ

em saúde pública, a instituição reestruturou sua gestão tecnológica e criou o Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde. Uma das metas é aumentar sensivelmente o número de patentes, pois no momento a instituição conta com nove entre as modestas 975 patentes nacionais.

Entretanto, a experiência de muitos países mostra que o crescimento quantitativo da pesquisa técnico-científica não resulta, de imediato, em tecnologias relevantes socialmente, como drogas de menor custo para o tratamento da Aids e de diversas formas de câncer. Esse aumento deve ser apoiado pelo reordenamento da gestão da pesquisa e da tecnologia. No caso específico do setor de saúde, a gestão deve ser reordenada dentro do SUS. Tal reordenamento significa, entre outros aspectos, rediscutir o financiamento à atividade de pesquisa em saúde, construir dispositivos para priorizar temas relevantes nessa área, estimular a participação de grupos de pesquisa técnico-científica nos fóruns sociais do SUS, criar uma estrutura legal adequada, bem como estabelecer uma sistemática de avaliação permanente.

Redirecionamentos institucionais, a exemplo daqueles em marcha na Fundação Oswaldo Cruz, impõem uma série de questões ao SUS e à nascente Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde. Eles representam, em um primeiro momento, apenas uma reorientação da política de pesquisa interna das instituições. No entanto, também conduzem à necessidade de construção, no país, de uma política industrial em saúde, capaz de regular as atividades industriais públicas e privadas e a articulação destas com as instituições de pesquisa tecnológica, em especial no tocante à propriedade intelectual, ao financiamento e à organização da demanda.

O processo de implementação

## Algumas ações são particularmente estratégicas para o atual contexto brasileiro do setor saúde, por estimularem um reordenamento da atividade tecnológica realizada pelos institutos públicos de pesquisa nesse setor

e fortalecimento da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação inclui, entre outros elementos, tentativas de articulação de dois grandes discursos estruturantes, ou seja, discursos voltados à organização das diversas partes constituintes das estruturas dos sistemas de ciência e tecnologia e de saúde pública.

Um deles enfatiza a necessidade imperiosa de se organizar um Sistema Nacional de Inovação. Tal sistema é necessário diante da emergência de um novo conceito de inovação, marcado pela lógica do mercado globalizado e extremamente competitivo, pela homogeneização de políticas regionais, pela organização de agendas de pesquisa internacionais, pela perda de centralidade do Estado-nação e pela flexibilidade dos arranjos entre o público e o setor produtivo privado nacional e/ou internacional.

O outro discurso reafirma os princípios e a lógica operativa da reforma sanitária, expressos na forma de um sistema de saúde público, gratuito e estatal, capaz de estimular a heterogeneidade sociocultural, as diferenças regionais, inclusive em termos de gestão e de composição entre o público e o privado, e de atender as demandas e os problemas locais de saúde. A possibilidade de articulação desses dois discursos está relacionada aos efeitos e à dinâmica das alianças estratégicas mantidas com grupos e com atores

locais ligados aos sistemas de saúde e de ciência e tecnologia, e também à capacidade das instituições de pesquisa em saúde de realizarem novos arranjos em sua ação política – práticas de gestão, projetos e objetivos.

A discussão crítica desse processo e do atual contexto da reforma sanitária, no entanto, esbarra na tímida produção de literatura nacional teórica e empírica dedicada aos relatos de experiências locais de inovação em saúde. Estamos falando de uma literatura que aborde outras dimensões do processo de inovação, além da econômica e gerencial, muito explorada por economistas e que conta com produção significativa. A sociologia e a antropologia carecem, por sua vez, de criteriosa discussão conceitual e metodológica, que criem instrumentos úteis para a investigação sistemática das experiências nacionais, ao contrário do que acontece nos países europeus e de língua inglesa, onde a produção socioantropológica é pujante, do ponto de vista empírico, conceitual e metodológico, há pelo menos 30 anos.

Ao concluirmos esse breve panorama da inovação em saúde pública brasileira, gostaríamos de lembrar ao leitor que ser uma sociedade e um Estado do Terceiro Mundo é muito mais a expressão da vontade política dos dirigentes do aparelho de Estado do que o resultado de uma determinação histórico-cultural. ■

# Homo grammaticus, seu cérebro e sua família

Fernando Orphão de Carvalho

Laboratório de Psicobiologia,  
Universidade de Brasília



Figura 1.  
Crânio de  
membro  
da espécie  
*Sahelanthropus  
tchadensis*,  
o hominídeo  
mais antigo  
que se conhece

Por que a espécie humana possui algo que podemos caracterizar como linguagem? Essa e outras questões concernentes à continuidade da cognição e do comportamento humano em relação ao resto do mundo animal e às origens evolucionárias de nossas peculiaridades vêm recebendo um novo olhar a partir de descobertas recentes sobre a evolução e a diversificação dos hominídeos e do estudo comparativo dos primatas antropóides.

Pertencemos à espécie *Homo sapiens*, ao gênero *Homo*, à família dos hominídeos, à superfamília dos antropóides e à ordem dos primatas, que por sua vez formam um grupo particular de mamíferos. Em nossa turbulenta história evolucionária, desde o último ancestral que tivemos em comum com os membros do gênero *Pan* (grupo que engloba os chimpanzés e os bonobos, ou chimpanzés-pigmeus) muitas de nossas características únicas e peculiares tomaram forma. Nosso cérebro alcançou cerca do dobro do tamanho esperado para um mamífero com nossa massa corporal, desenvolvemos uma tecnologia de manufatura de objetos sem precedentes no mundo natural e nos tornamos dependentes dela, ocupamos quase todos os ambientes da Terra, os machos de nossa espécie provêm suas crias com um investimento de tempo e atenção bastante atípico e formamos redes complexas e estáveis de interação social com indivíduos com os quais não temos um relacionamento genético próximo. Envolvido nesse emaranhado de modificações evolucionárias está o fio que nos leva às origens da mais distintiva faculdade psicológica humana: a linguagem, cujo grau de complexidade e, em sua organização sintática, se-

mântica e fonológica, é tão elevado que ainda não permitiu a descrição completa da gramática das línguas naturais conhecidas.

Testemunhas dessa peculiaridade assombrosa, muitos pesquisadores foram seduzidos por explicações simplistas acerca da emergência da capacidade cognitiva em nossa história evolucionária. “É uma consequência de nossos cérebros enormes”, dizem alguns, enquanto outros atribuem a carga explicativa maior ao tipo de psicologia necessária para sobreviver em nossos grupos sociais altamente estruturados.

Quando vislumbramos o quadro que se delineia a respeito de nossa evolução e das bases biológicas da linguagem, podemos entender essas hipóteses grandiloqüentes por outra perspectiva. Os hominídeos do gênero *Australopithecus*, do qual alguma espécie pode ter sido nosso ancestral direto, possuíam muitas de nossas adaptações para o andar bípede, mas ainda demonstravam, principalmente nos membros superiores, marcas de sua origem de primatas arbóreos. O mesmo vale, segundo estimativas de alguns pesquisadores, para o hominídeo mais antigo que se conhece, o *Sahelanthropus tchadensis*, de cerca de 7 milhões de anos, cujo crânio reconstituído não difere muito do crânio de um chimpanzé (figura 1).

Uma espécie do gênero *Australopithecus*, conhecida como *A. garhi*, talvez utilizasse ferramentas feitas de ossos, mas que não se comparam com a sofisticada tecnologia lítica do *Homo erectus* superior nem com as técnicas de caça desenvolvidas por espécies derivadas do gênero. Essas evidências apontam para a baixa probabilidade de que um único fator primordial explique o surgimento dessa nossa espécie orgulhosa. Diferentes características aparecem em tempos distintos e se estabelecem com ve-



massa corporal. Um QE negativo significa que o tamanho real é menor que o esperado; quando o QE = 1, a massa cerebral é aquela prevista, dada a massa corporal da espécie. O QE do *Homo sapiens* é de aproximadamente 7, enquanto o do chimpanzé (*Pan troglodytes*) é de 2.

Apesar do aparente sucesso preditivo e explanatório da noção de QE, ainda restam problemas. Uma das implicações da noção de QE é que alguns macacos do Novo Mundo, como o macaco-prego (do gênero *Cebus*), deveriam ser considerados mais inteligentes que o chimpanzé, dado o seu QE, que gira em torno de 2,3 – resultado que poucos primatologistas e psicólogos estariam dispostos a aceitar. Outro exemplo mais próximo é também mais expressivo: seres humanos que se tornam anões em decorrência de problemas de desenvolvimento são extremamente encefalizados e, no entanto, não têm capacidade cognitiva superior à dos demais humanos. Essa observação aparentemente cínica nos leva a considerar a possibilidade de um cérebro se tornar grande não pelo aumento de sua massa, mas pela diminuição no tamanho do corpo.

A descoberta recente de um hominídeo de 18 mil anos na ilha de Flores, Indonésia, classificado como *Homo floresiensis*, ampliou o interesse pelo problema da evolução cerebral. O espécime encontrado reúne traços singulares, entre eles seu tamanho diminuto (o que lhe rendeu o apelido de Hobbitt, em alusão aos personagens de *O senhor dos anéis*) e sua idade. Acreditava-se até então que fôssemos a única espécie de hominídeo viva nos últimos 30 mil anos. Mas o fato mais impressionante é que, apesar de ter uma razão de massa cerebral/corporal semelhante à dos membros do gênero *Australopithecus* (que também eram diminutos), sua organização cerebral – descrita por meio de reconstruções computadorizadas das impressões deixadas pela superfície cortical no crânio encontrado – parece muito próxima à dos hominídeos posteriores, como o *Homo erectus*. Em conjunto com indícios de complexa atividade de caça e produção material encontrada no sítio da ilha de Flores, essas evidências morfológicas mostram que um cérebro, embora diminuto, pode ser a força impulsionadora de comportamentos sofisticados de interação social e criação tecnológica, e que a história das origens evolucionárias do nosso comportamento não pode se reduzir à idéia de uma escalada progressiva em busca de cérebros maiores.

**A história das origens evolucionárias do nosso comportamento não pode se reduzir à idéia de uma escalada progressiva em busca de cérebros maiores**

Isso nos leva de volta a um velho debate, travado em especial pelos antropólogos norte-americanos Ralph Holloway e Harry Jerison (formulador do QE) durante as décadas de 1970 e 1980: qual o fator preponderante na evolução tanto dos seres humanos quanto dos primatas e mamíferos em geral? Crescimento e adição de tecido ao sistema nervoso central como um todo ou efeitos mais sutis de reorganização cerebral? Hoje o pêndulo tende a permanecer no centro dessas duas posições. Sabe-se que um aumento geral de massa cerebral implica mudanças de organização, como a densidade neuronal e o padrão de sulcos e circunvoluções que caracteriza a superfície do córtex. Igualmente, estudos comparativos de primatas – como o desenvolvido pelo antropólogo Robert Barton, da Universidade de Durham, nos Estados Unidos – demonstram que o aumento de áreas corticais está reciprocamente ligado ao aumento de núcleos subcorticais particulares. No caso dos primatas, especializações como visão tricromática e uso de disparidade estereoscópica para percepção de profundidade se tornaram viáveis não só por causa de modificações corticais, mas também em razão de especializações seletivas ocorridas, por exemplo, no núcleo geniculado lateral do tálamo.

### Cérebros que falam

Um dos traços fundamentais da organização cerebral das funções lingüísticas é a especialização de um hemisfério específico (normalmente o esquerdo), chamado de hemisfério dominante. Embora estudos relativamente recentes mostrem que, no tocante a processos computacionais particulares empregados na compreensão da fala (a exemplo da análise de informação espectral acústica), ambos os hemisférios sejam utilizados, não deixa de ser verdade que outros processos, em especial computações sintáticas, demonstram o padrão lateralizado tradicional.

Alguns autores têm sugerido que a especialização de certos tipos de rotinas cognitivas em hemisférios específicos pode ser consequência de um cérebro alargado, que tornaria pouco eficiente e muito árdua a transmissão de informação entre hemisférios. Isso implicaria que cérebros maiores exibiriam maior grau de especialização. O fato é que a forte tendência à lateralização de funções lingüísticas nos seres humanos permanece como um enigma

que fomenta muita especulação acerca de nossa psicologia e sua origem filogenética.

Essa lateralização, evidenciada nos estudos pioneiros do médico francês Paul Broca (1824-1880) e do neurologista alemão Carl Wernicke (1848-1904) acerca dos déficits de linguagem decorrentes de danos causados ao tecido cerebral (as chamadas afasias), também possui correlatos anatômicos claros. Na maioria dos seres humanos a porção frontal do hemisfério direito é nitidamente maior que seu homólogo no hemisfério esquerdo; ao passo que a região occipital esquerda é maior que a occipital direita. Esse tipo de assimetria é conhecido como petalia.

Outro tipo de assimetria diz respeito a uma proeminência do *planum temporale* (parte da região superior do lobo temporal) esquerdo em relação ao direito. No final do século 19, Wernicke associou essa área do córtex a algumas operações cerebrais ligadas à compreensão da linguagem, e hoje há estudos que corroboram tal hipótese e especificam o papel de subáreas como o giro temporal superior. Pesquisas recentes – em especial estudos comparativos feitos pelo neurocientista inglês Patrick Gannon e seu colega belga Emmanuel Gilissen – revelaram que apenas a assimetria relacionada com o *planum temporale* é aparente no cérebro de outros primatas não humanos, em especial chimpanzés e gorilas. O padrão de petalia mencionado parece ser unicamente humano. Outro fato interessante a respeito das assimetrias na região superior do lobo temporal é que elas são muito mais óbvias nos primatas não humanos mais próximos de nós, inexistindo provavelmente nos gibões e siamangos, parentes relativamente mais distantes que o chimpanzé.

Tal gradação, expressa em termos de estrutura neural e que reflete as relações de distância filogenética entre diferentes espécies de primatas hominóides, revela-se até no plano celular.

Em um estudo muito citado, publicado em 1999, a equipe da neurocientista norte-americana Esther Nimchinsky demonstrou a existência de um tipo morfológicamente especializado de célula no giro cingulado frontal, região que tem, entre outras funções, importância para o início e o controle adaptativo de respostas motoras, como vocalizações. Nos primatas não humanos a quantidade dessas células é menor do que na nossa espécie. Os bonobos, nossos parentes mais próximos, têm uma quantidade maior dessas células que os chimpanzés ou gorilas.

Um estudo publicado em 1998 pelos neurobiólogos norte-americanos Richard Kay, Matt Cartmill e Michelle Balow comparou, em uma parte inferior do sistema nervoso central, os volumes inferidos para os nervos hipoglossais de alguns gêneros de hominídeos extintos com os do chimpanzé e do ser humano. O nervo hipoglossal é um feixe de axônios oriundos de um núcleo do tronco cerebral que controla os movimentos da língua. A idéia subjacente ao trabalho é que a evolução da prodigiosa capacidade humana da fala foi propiciada pela elaboração de um sistema mais complexo de inervação motora da língua. Os resultados do estudo mostraram que os indivíduos da espécie *Australopithecus africanus*, de cerca de 2,5 milhões de anos, possuíam canais hipoglossais bastante estreitos, dentro da variação observada entre membros do gênero *Pan*. Já hominídeos posteriores, como o *H. neanderthalensis* (que não é um ancestral do *Homo sapiens*) e membros tardios do gênero *Homo*, apresentavam canais hipoglossais semelhantes ao do *Homo sapiens*. Esse suposto correlato de um controle motor mais refinado teria evoluído ao longo dos últimos 400 mil anos.

### Relações filogenéticas

Esse tipo de evidência está de acordo com algumas hipóteses sobre nossa história evolucionária ensejadas por análises moleculares e pelo seqüenciamento do DNA do ser humano e de outras espécies, que nos colocam em um grupo mais inclusivo e distintivo de 'símios africanos', juntamente com os chimpanzés e bonobos, membros do gênero *Pan*. Os estudos comparativos da organização neural e, portanto, das bases biológicas do comportamento mostram uma distribuição de traços típicos de organização cerebral que se coadunam com essas relações evolucionárias.

Evidentemente, todo fenótipo neural e comportamental é composto de traços multifatoriais. Há, portanto, uma substancial influência de estímulos externos e do ambiente no curso e no resultado final de seu desenvolvimento. Isso implica que uma concordância completa com as filogenias moleculares seria algo excepcional – e não esperado. O paradigma clássico de estudos comparativos de gêmeos univitelinos e fraternos, respectivamente com 100% e 50% de identidade gênica, revela que diversos padrões de sulcos e circunvoluções cerebrais são afetados por fenômenos ambientais anteriores e posteriores ao nascimento.

**Análises moleculares e do DNA do ser humano e de outras espécies nos colocam em um grupo mais inclusivo e distintivo de 'símios africanos', juntamente com os chimpanzés e bonobos**

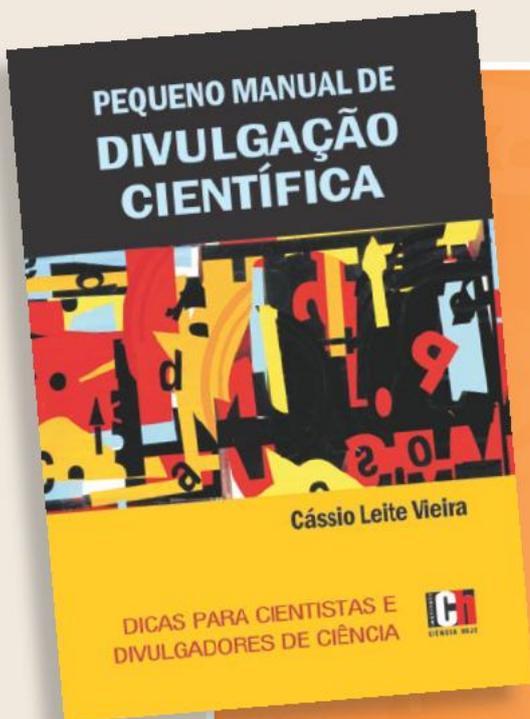
Fértil e instigante, o campo das análises comparativas não só nos aproxima de respostas a perguntas antigas, como também ajuda o pesquisador a formular questões mais adequadas.

Sempre que não houver harmonia entre a distribuição de traços neurais ou comportamentais e filogenias moleculares (como, por exemplo, espécies próximas bastante diferentes ou espécies distantes muito similares), perguntas curiosas serão consideradas: tais semelhanças podem ser homologias de desenvolvimento ontogenético e não herdadas de um ancestral comum? Que tipo de processo evolucionário produziu diferenças comportamentais tão grandes entre duas espécies tão próximas? Que mecanismo cognitivo está subjacente a tal comportamento? Não há como discordar de John Tooby e Leda Cosmides, dois dos principais funda-

dores da moderna psicologia evolucionista, quando argumentam que essa perspectiva permite um olhar renovado e unificado sobre questões antigas e polêmicas.

Mesmo que tais estudos comparativos (que buscam equivalentes da nossa faculdade de linguagem em nossos parentes mais próximos) requeiram um controle pormenorizado dos componentes hereditários e de traços fenotípicos, que resultam de um lento e gradual processo de seleção natural, o quadro que se desenha é que muitos dos nossos traços de inteligência e comportamento, tidos como peculiares, são de fato modificações sutis de características ancestrais compartilhadas com outros símios africanos – e não o resultado de grandes alterações qualitativas ocorridas nos últimos 7 milhões de anos. ■

**Muitos dos nossos traços de inteligência e comportamento, tidos como peculiares, são de fato modificações sutis de características ancestrais compartilhadas com outros símios africanos**



*Por que **divulgar ciência** para a sociedade?  
Como transmitir **conceitos difíceis**  
de **forma simples**?*

Neste **manual**, você encontra **dicas** de como escrever e falar sobre ciência com rigor e simplicidade.

**PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR**

**LIGUE 0800 727 8999**

**OU VISITE [www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br)**

ICTIOLOGIA Espécies singulares e importantes que habitam recifes precisam de proteção

# Peixes-papagaio: os bons de bico



Os peixes-papagaio, um dos principais grupos de peixes dos recifes, apresentam grande importância ecológica nos ambientes e nas comunidades em que vivem. As espécies desse grupo têm maxilas fortes, semelhantes aos bicos das aves, que usam para raspar as algas, seu principal alimento, de rochas e corais. Assim, controlam o crescimento dessas algas nos recifes. A pesca excessiva, porém, ameaça de extinção algumas dessas espécies. As características e a importância desses peixes (figura 1) têm sido estudadas por pesquisadores de todo o mundo, que procuram compreender a biologia das espécies, buscando justificativas e métodos para sua preservação. Por **Roberta Martini Bonaldo**, do Departamento de Biologia Marinha da Universidade James Cook (Austrália), e **João Paulo Krajewski**, do Museu de História Natural, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Figura 1. O peixe-papagaio-do-recife (*Sparisoma amplum*), endêmico do Brasil, faz parte da família Scaridae, uma das mais características dos ambientes recifais

Os recifes tropicais estão entre os ambientes mais ricos do planeta, abrigando milhares de espécies de peixes conhecidos como recifais – aqueles que vivem junto a estruturas sólidas ou consolidadas, como corais, rochas e até em navios naufragados. Alguns desses peixes, entretanto, apresentam características ou papéis ecológicos muito peculiares e especiais, que os tornam únicos nos recifes. Esse é o caso dos peixes da família Scaridae. Geralmente coloridos e vistosos, tais peixes trazem ao ambiente muito mais que beleza, já que são fundamentais para a existência dos recifes, ao controlar o crescimento das algas.

Os escarídeos são conhecidos popularmente como peixes-papagaio, bobós ou budiões. Entre esses três nomes populares, o primeiro é certamente o que melhor retrata o aspecto do grupo, já que todos os escarídeos apresentam maxilas formadas por dentes fundidos, de aspecto semelhante a um bico de papagaio – característica exclusiva desse grupo, entre os peixes. Além disso, os peixes-papagaio têm cores chamativas e brilhantes, em tons de verde, azul e vermelho, reforçando ainda mais sua semelhança com as falantes aves tropicais.

A maioria dos peixes-papagaio também exibe um

Figura 2. Muitas espécies de peixe-papagaio, como *Sparisoma frondosum*, mudam de cor e sexo ao longo da vida, passando de indivíduos iniciais (A), que podem ser fêmeas ou machos, a indivíduos terminais (B), sempre machos



FOTOS DE J. P. KRAJEWSKI

sistema sexual e reprodutivo complexo, que inclui formação de haréns, defesa de território e até mudança de cor e sexo. Durante sua vida adulta, os escaurdeos passam por duas fases reprodutivas: a inicial e a terminal. Indivíduos na fase inicial podem ser machos ou fêmeas, com aparência externa praticamente idêntica. Em certas situações, alguns desses peixes mudam de cor, formato e sexo, transformando-se em indivíduos terminais, que são sempre machos e em geral ostentam cores mais brilhantes e chamativas que os de fase inicial.

Assim, os indivíduos que se encontram em cada uma das fases, mesmo sendo da mesma espécie, apresentam aspecto (cor e formato) e comportamento bastante distintos (figura 2). Enquanto os de fase inicial passam a maior parte do tempo alimentando-se, os de fase terminal geralmente defendem certas áreas do recife, onde ficam seus haréns, e passam a maior parte do tempo patrulhando seus territórios e expulsando dali outros machos da mesma espécie.

Outra característica exclusiva dos peixes-papagaio, mas restrita a poucas espécies do grupo, é a formação, no final da tarde, de 'casulos' de muco, nos quais os indivíduos permanecem durante a noite (figura 3). Acredita-se que esses casulos tenham função protetora, pois impediriam a detecção dos peixes-papagaio por predadores que se orientam pelo olfato, como as moréias, peixes carnívoros da família Muraenidae. À noite, os peixes-papagaio sempre estão em repouso e pouco atentos à aproximação e presença de predadores.

### Importância ecológica

Os peixes-papagaio ocorrem em abundância nos recifes tropicais e subtropicais de todo o mundo e passam grande parte do tempo alimentando-se de algas e detritos, que obtêm raspando rochas e corais com suas robustas maxilas em forma de bico. Ao raspar a superfície recifal, esses peixes evitam que as algas, de desenvolvimento extremamente rápido, cresçam sem controle e sufocuem os animais que compõem o recife, como corais e esponjas. As investidas dos peixes-papagaio contra o substrato criam 'cicatrices' nos recifes, que podem ser ocupadas por larvas de corais e esponjas (figura 4).

Sem os peixes herbívoros, em especial os peixes-papagaio, os recifes não seriam como são hoje, já que as algas tomariam todo o espaço, sufocando corais e outros organismos e impedindo a fixação de novas larvas no substrato. Portanto, a atividade alimentar dos diferentes peixes-papagaio permite que a ocupação dos recifes por organismos que vivem presos a um substrato (sésseis) seja constantemente renovada e reorganizada.

Os peixes-papagaio são também responsáveis pela bioerosão dos recifes. Este é o único grupo de

peixes capaz de remover quantidades significativas de carbonato de cálcio dos recifes. Ao abocanhar o substrato com suas fortes maxilas, os peixes-papagaio ingerem, além do seu alimento, porções de rochas e corais, alterando a topografia do recife. Os fragmentos de substrato rígido ingeridos são triturados durante a digestão e eliminados, nas fezes, sob forma de grãos de areia, o que faz dos peixes-papagaio um dos principais produtores e misturadores de sedimentos dos ambientes recifais.

### Espécies ameaçadas

Apesar da reconhecida importância dos peixes-papagaio para os ambientes recifais do mundo, muitas espécies do grupo estão seriamente ameaçadas pela pesca descontrolada. Eles são procurados por pescadores porque o sabor de sua carne é apreciado. O maior peixe-papagaio do mundo, o papagaio-verde (*Bolbometopon muricatum*), é hoje bastante raro, não sendo mais encontrado na maior parte dos locais onde ocorria originalmente (recifes dos oceanos Índico e Pacífico). No Brasil, a maior espécie de escaurideo (*Scarus aff guacamaia*) foi recentemente considerada extinta e a segunda maior (*Scarus trispinosus*) corre o mesmo risco.

Não apenas as grandes espécies de peixe-papagaio estão ameaçadas. As cores vistosas e chamativas desses peixes os tornam muito apreciados para a aquarofilia. Recentemente, duas pequenas espécies de peixes-papagaio endêmicas do Brasil (*Scarus zelindae* e *Sparisoma tuiupiranga*) foram incluídas na lista de espécies mais retiradas dos recifes para o comércio de peixes ornamentais. Com a redução dos escaurideos, não só são perdidas lindas espécies recifais, mas é alterada toda a dinâmica dos recifes, dada a grande importância dessas espécies no ambiente e na comunidade recifal.

Figura 3. *Chlorurus microrhinos* é uma das espécies de peixe-papagaio que, durante a noite, descansam em casulos de muco, uma provável proteção contra predadores noturnos



Figura 4. Os escarídeos, como este peixe-papagaio-do-recife (*S. amplum*) de fase inicial, usam suas fortes maxilas para arrancar algas dos recifes, deixando no substrato 'cicatrices' (no detalhe) que podem ser ocupadas por organismos como corais e esponjas

### Conhecer e preservar

Como conseqüência da crescente perda de espécies de escarídeos nos recifes, muitos estudos têm sido realizados com a finalidade de conhecer melhor os peixes-papagaio e buscar justificativas e métodos para a preservação (proteção integral) ou conservação (proteção com uso sustentável) dessas espécies. Hoje, o país com o maior número de estudos sobre o assunto é a Austrália, porque seus pesquisadores têm mostrado grande preocupação em entender o papel ecológico das espécies e propor estratégias para preservá-las.

No Brasil, também há pesquisadores engajados em pesquisas sobre os peixes-papagaio. Estudos recentes estabeleceram como espécies cinco escarídeos endêmicos da costa brasileira (*Scarus trispinosus*, *Sparisoma amplum*, *Sparisoma axillare*, *Sparisoma frondosum* e *Sparisoma tuiupiranga*), anteriormente confundidas com espécies semelhantes da região do Caribe. Outros pesquisadores brasileiros atuam nas áreas de ecologia e preservação dos peixes-papagaio. Recentemente, um dos autores deste artigo (a bióloga Roberta M. Bonaldo), terminou dissertação de mestrado sobre atividade alimentar e uso de recursos por três espécies de escarídeos do arquipélago de Fernando de Noronha, em Pernambuco.

A pesquisa verificou que as três espécies estudadas (*S. amplum*, *S. axillare* e *S. frondosum*) apresentam diferenças em vários aspectos analisados, como local e horário em que ocupam os recifes e escolha de substrato para alimentação. O estudo também constatou que indivíduos de fase inicial e terminal da mesma espécie podem ter comportamentos bastante distintos (por exemplo, na frequência de atividade alimentar e nas associações formadas com outras espécies recifais). Isso indica que mesmo peixes-papagaio da mesma espécie podem ter diferentes papéis na comunidade em que vivem.



É de fundamental importância que estudos desse tipo sejam desenvolvidos no Brasil, já que nos

recifes brasileiros é menor a diversidade de espécies endêmicas, incluindo os peixes-papagaio, se comparados aos recifes do Caribe e dos oceanos Índico e Pacífico. Acredita-se que em áreas com menor diversidade, como os recifes brasileiros, a perda ou mesmo a redução de uma espécie podem ser ainda mais prejudiciais ao ambiente como um todo do que em regiões com comunidades mais ricas. Isso porque nos ambientes com maior número de espécies seria maior a chance de uma espécie extinta ter seus papéis ecológicos substituídos por outra(s) espécie(s). Já em um ambiente pouco diversificado, é mais provável que o papel de uma espécie extinta ou reduzida seja totalmente perdido, o que pode ter efeitos profundos na estrutura e nas relações ali existentes.

Os recifes brasileiros apresentam ainda outra peculiaridade. Enquanto os recifes do Indo-Pacífico e do Caribe se desenvolvem sobre depósitos calcários produzidos por corais (substrato biogênico), no Brasil a maioria dos recifes tem rochas em sua base (substrato abiogênico), exceto na região de Abrolhos, na Bahia, onde existem recifes de corais. Por isso, algumas conclusões de pesquisas realizadas em ambientes recifais bem estudados, como Austrália e Caribe, podem não ser totalmente válidas para os recifes brasileiros. Assim, é fundamental fazer pesquisas no Brasil para verificar que resultados são encontrados nas condições das águas brasileiras.

Compreender em detalhes a função de cada espécie de peixe-papagaio (figura 5) nos recifes é essencial para avaliar sua contribuição para a saúde do ambiente e prever as conseqüências que a possível extinção ou diminuição da abundância de uma espécie pode ter. As pesquisas sobre esses peixes – e sobre outras espécies recifais – representam a forma mais acertada não só de proteger cada uma das espécies desses ambientes, como também de toda a paisagem recifal. ■

Figura 5. Uma nova espécie de peixe-papagaio, o pequeno *Sparisoma tuiupiranga*, foi descrita recentemente na costa brasileira – o desenvolvimento de pesquisas sobre esses peixes é essencial para a definição de estratégias que visem à sua preservação



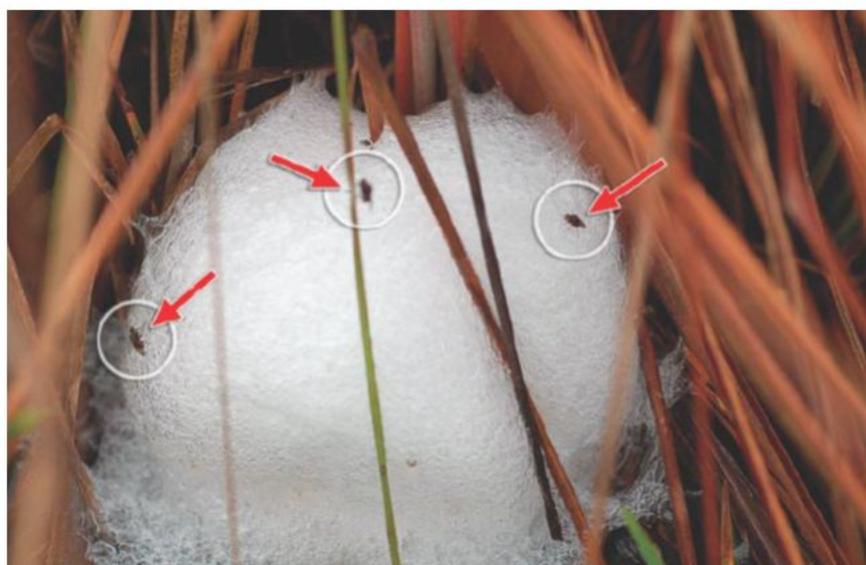
ZOOLOGIA Ovos de sapos e pererecas depositados fora da água também têm predadores

# Fugir não resolve o problema

Jias, sapos, rãs e pererecas tropicais desenvolveram grande variedade de estratégias reprodutivas, desde a mais conhecida, o depósito dos ovos diretamente na água, até aquelas com total independência da água. Acredita-se que as formas de reprodução independente (parcial ou total) da água tenham evoluído como um meio de escapar de predadores aquáticos. Estudos recentes, porém, têm mostrado que os ovos de anuros também têm muitos predadores em ambiente terrestre, como macacos, cobras e moscas, indicando que a saída da água não resolveu o problema da perda de ovos. Por **Marcelo Menin**, da *Universidade Federal do Amazonas*, **Selvino Neckel-Oliveira**, da *Universidade Federal do Pará*, **Ariovaldo A. Giaretta**, da *Universidade Federal de Uberlândia* e **Domingos de Jesus Rodrigues**, da *Universidade Federal do Mato Grosso*.

**A**s espécies de anuros (jias, sapos, rãs, pererecas e formas afins) mais conhecidas depositam seus ovos diretamente na água de poças, lagos ou riachos, onde os girinos eclodem, crescem e transformam-se em miniaturas dos adultos. Entretanto, muitas espécies desenvolveram estratégias de deposição de ovos fora do meio aquático, como em ninhos de espuma ou em folhas pendentes sobre os corpos d'água. Existem espécies que conseguem se reproduzir independentemente da água, com as crias completando todo o seu desenvolvimento embrionário e mesmo larval dentro dos ovos. É razoável supor que a pressão de predadores existentes no meio aquático tenha sido a principal força seletiva que levou à evolução de desovas não-aquáticas.

Muitas das espécies de jias tropicais apresentam como característica comum a deposição de ovos dentro de ninhos de espuma, que podem ficar na superfície do terreno, às margens de lagoas ou poças, ou em câmaras subterrâneas. Esse ninho de espuma oferece proteção para os ovos contra a dessecação e a predação por organismos aquáticos. Os girinos de espécies com desovas terrestres, como os da rã-pimenta (*Leptodactylus labyrinthicus*) e da rã-assobiadora (*Leptodactylus fuscus*) aproveitam enxurradas para chegar a um corpo d'água, mas em outras espécies do gênero *Leptodactylus* as crias completam a fase larval na espuma. Já as pererecas-verdes



(da subfamília Phyllomedusinae) depositam seus ovos na vegetação situada sobre riachos, lagos ou poças e, após a eclosão, os girinos caem na água.

## Comedores de ovos

Várias espécies de vertebrados (como serpentes e macacos) e invertebrados (como besouros, formigas, vespas e larvas de moscas) alimentam-se dos ovos dos anuros depositados fora da água, e podem pre-

Três moscas (setas) visitando ninho de espuma em poça temporária, no município de Uberlândia (MG)



A rã-pimenta da Amazônia (*Leptodactylus knudseni*) é uma das espécies que produzem ninho de espuma para proteger seus ovos, que também são predados por moscas, como mostra o detalhe

judicar significativamente o sucesso reprodutivo desses animais. Algumas espécies de moscas depositam seus ovos sobre as desovas dos anuros e suas larvas, quando eclodem, se alimentam dos ovos e embriões.

O primeiro registro da presença de larvas de moscas em desovas de anuros brasileiros foi feito em 1957 pelo zoólogo Werner C. A. Bokermann (1929-1995). Ele observou que as desovas da rã-cachorro (*Physalaemus cuvieri*) eram consumidas pelas larvas da mosca *Beckeriella niger* (da família Ephydriidae). Posteriormente, nos anos 70, 80 e 90, outros poucos estudos envolvendo espécies sul-americanas foram publicados. Dois desses estudos serão detalhados aqui porque ilustram bem o tipo de ação negativa que certas moscas (que normalmente são caçadas por sapos) podem exercer sobre os ovos postos fora da água.

### O dia da caça

O primeiro estudo foi realizado por dois dos autores deste artigo (Menin e Giaretta) em 2003, em Uberlândia. Esses pesquisadores encontraram larvas da mosca *B. niger* em desovas de três espécies do gênero *Physalaemus* (inclusive *P. cuvieri*), de *Eupemphix nattereri* e de duas espécies do gênero *Leptodactylus*, a rã-pimenta (*L. labyrinthicus*) e a rã-manteiga (*L. ocellatus*).

Para quantificar os efeitos da predação pelas larvas da mosca e determinar se a presença dessas larvas afetava o tempo de abandono do ninho de espuma pelos girinos, foram realizados diversos experimentos, utilizando ninhos de espuma recém-desovados da rã-cachorro, cada um com em média 750 ovos. As desovas dessa espécie foram divididas em dois grupos, sendo um deles isolado das moscas por tela e outro mantido exposto. Após cerca de 40 horas no ambiente, as espumas foram levadas para o labora-

A perereca *Phyllomedusa tomopterna* deposita seus ovos não na água, mas em folhas situadas acima de poças temporárias



tório e se determinou o tempo de abandono e o número de girinos sobreviventes nos dois grupos. Os ninhos infestados por larvas de mosca sofreram em média 70% de perda de girinos, e nesses ninhos os girinos abandonaram a espuma muito antes (entre 8 e 21 horas) do que os girinos de desovas não infestadas.

A mosca *B. niger*, portanto, é um importante fator de mortalidade de ovos e embriões da rã-cachorro e determina o tempo de abandono da espuma pelos girinos. O fato de os girinos permanecerem por mais tempo nos ninhos sem predadores indica que a espuma representa um ambiente mais seguro que a água, onde muitos outros predadores estão presentes. Em Uberlândia, os ninhos de espuma encontrados no início do período chuvoso (setembro e outubro) estavam livres de infestação ou apresentavam poucas larvas de moscas, indicando que a densidade da população de *B. niger* deve cair muito nesse período.

### Ameaça a pererecas

O segundo estudo foi realizado por outro dos autores (Neckel-Oliveira) e pela bióloga Milena Wachlevski, em 2004, em uma área de floresta de terra firme, 80 km ao norte de Manaus (AM). Durante duas estações chuvosas, os pesquisadores acompanharam o desenvolvimento embrionário de três espécies



FOTO DE A. GIARETTA; FOTO DO DETALHE DE O. J. RODRIGUES

FOTO DE ANINA GOMES

de pererecas do gênero *Phyllomedusa* (*P. tarsi*, *P. bicolor* e *P. tomopterna*) e registraram pela primeira vez o ataque de besouros, larvas de moscas e macacos-pregos (*Cebus apella*) em seus ninhos. Estudos anteriores haviam registrado ataques da serpente *Leptodeira annulata* em ninhos dessas pererecas.

Os ninhos de *P. tarsi* sofreram os menores níveis de ataques (29%), seguidos pelos de *P. tomopterna* (59%) e *P. bicolor* (61%). Outros resultados importantes dessa pesquisa foram os registros inéditos das espécies de predadores, como os besouros (da família Staphilynidae e de uma espécie não identificada) e larvas de moscas (da família Phoridae e de uma espécie ainda não descrita). Os besouros foram mais comuns nos ninhos de *P. tarsi* e *P. bicolor*, enquanto as moscas foram quase exclusivas dos ninhos de *P. tomopterna*.

Os macacos predaram apenas os ninhos de *P. bicolor*. A desova dessa espécie de perereca é uma das mais pesadas entre os anuros da região de Manaus, podendo pesar cerca de 300 g e conter mais de 1,2 mil ovos. Representa, assim, uma grande fonte de proteínas para diversos animais da floresta, como macacos e serpentes. Entre as três espécies de pererecas, *P. tarsi* – cujos ovos são menos predados – é a mais abundante no local de estudos, indicando que os predadores podem estar regulando o tamanho das populações locais dos anuros amazônicos.

Além desses estudos em território brasileiro, outros, realizados em várias regiões tropicais, da África, da Ásia e da América Central, mostraram resultados semelhantes. Essa abundância de predadores na região tropical pode estar relacionada à grande quantidade de anuros e ao grande número de espécies que depositam seus ovos fora do meio aquático, e sugere que a evolução de estratégias não-aquáticas e o surgimento de 'novos' tipos de predadores podem ter ocorrido conjuntamente. As moscas da família Ephydriidae, por exemplo, não são exclusivas das Américas, mas o gênero *Beckeriella* é encontrado principalmente nas Américas do Sul e Central, o que pode indicar que algumas espécies desse gênero podem ter evoluído como especialistas em desovas de anuros.

### O papel da predação

Algumas questões sobre a predação dos ovos de anuros não foram resolvidas, principalmente quanto à biologia das moscas. Ainda é preciso investigar, por exemplo, se as moscas são especialistas ou oportu-



Desovas de pererecas do gênero *Phyllomedusa*: em folha acima de poça temporária e não infestada por larvas de moscas (A), perto de Manaus (AM); parcialmente destruída por larvas de mosca (B); e totalmente destruída por essas larvas (mostradas na parte superior da folha) (C)

nistas, como elas detectam as desovas e como suas populações se mantêm nos períodos em que não há desovas. Do ponto de vista dos anuros, resta entender, por exemplo, como os girinos detectam a presença de larvas predadoras para abandonar mais cedo a espuma, se essa mudança comportamental tem um padrão entre as espécies e se a desova é feita antes do período de maior abundância de moscas por influência da predação.

O que se pode notar, a partir desses estudos, é que as espécies de moscas que usam as desovas de anuros como recurso alimentar para suas larvas são em geral pequenas (cerca de 3 a 5 mm de comprimento) e pertencem às famílias Phoridae, Ephydriidae e Drosophilidae. O mais interessante é que algumas dessas espécies só foram descritas após serem encontradas em desovas dos anuros. É o caso de *Megaselia nidanuræ*, descoberta em desovas da rã-assobiadora; de *Xaphiura breviceps*, observada em desovas do sapo *Heleioporus albopunctatus* e descrita recentemente; e de uma espécie (ainda não descrita) coletada em desovas de pererecas do gênero *Phyllomedusa* na Amazônia Central.

No caso das desovas de maior porte, que ficam presas à folhagem situada sobre corpos d'água, alguns dos predadores, como macacos e serpentes, são animais com biologia conhecida. Nesse caso, apenas os besouros estafilínídeos ainda precisam ter sua biologia pesquisada.

A predação na água já foi apontada como o principal fator organizador das comunidades de girinos tropicais. Entretanto, a predação por larvas de moscas na fase inicial (ovo ou embrião) também pode contribuir para a organização da comunidade de anuros ou regular o tamanho populacional das espécies afetadas. Assim, a evolução de estratégias reprodutivas não-aquáticas pode ter resolvido o problema da predação de ovos por organismos aquáticos, mas abriu a porta para que outros predadores, estes terrestres, incluíssem essas iguarias em sua dieta. ■

# O governo no espelho

## As artes de governar

**Michel Senellart**

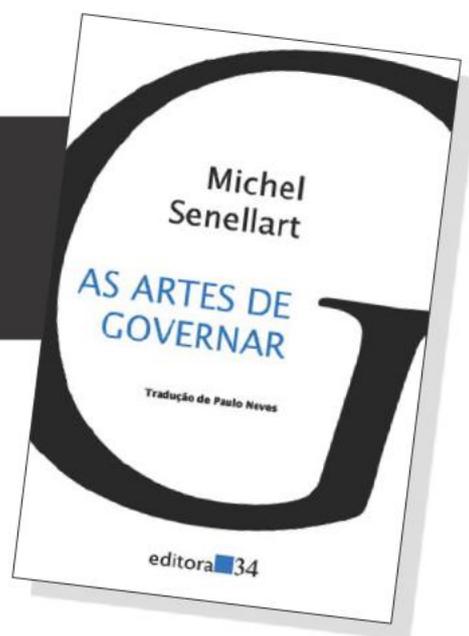
São Paulo, editora 34, 336 p., R\$ 44

**G**overno: atividade que resulta do direito que determinados indivíduos adquirem (normalmente por intermédio do voto) de exercer um poder sobre os demais membros da sociedade. Sendo assim, o poder de um governante decorre de um conjunto de

prerrogativas associadas à função pública que ele ocupa e, por isso, se distingue do poder de alguém que possui, por exemplo, força e influência econômica. Não é possível, portanto, falar de governo sem falar de Estado.

As afirmações acima procuram apresentar, esquematicamente, uma definição de governo que fosse admitida por grande parte dos cidadãos dos Estados contemporâneos: o governo é uma derivação do poder estatal, uma forma de exercício dos direitos de soberania. O livro *As artes de governar*, de Michel Senellart, põe em questão a naturalidade dessas convicções. Isso porque o seu autor, ao reconstruir a história da idéia de governo até o século 17, dissolve associações que acreditamos fazer parte da essência do ato de governar. Para tanto, procura tomar distância em relação ao Estado moderno e pensar o governo em função de categorias distintas daquelas que definiram, juridicamente, o exercício do poder em termos dos direitos de soberania.

Segundo Senellart, o afastamento em relação à 'evidência' de certas concepções se torna necessário para dar conta da singularidade das noções cristãs e medievais de governo. Estas são alheias a categorias como Estado,



povo, território, soberania, que definiram a compreensão moderna do poder e da política. Para grande parte do pensamento medieval, sequer seria possível estabelecer uma aproximação entre governar e dominar. Nesse contexto, o exercício do governo está inserido em um horizonte moral e religioso e está a serviço dos fins da salvação. Daí a oposição entre a busca da justiça que orienta o *regimen* (governo) e os desejos de poder que movem a *dominatio* (dominação). Para abordar o problema do governo na Idade Média, é preciso entender como o exercício do poder foi concebido em termos de um vocabulário teológico e eclesiástico. Dessa forma, somos levados ao século 4 para acompanhar como se elaborou, sobretudo a partir de Santo Agostinho [bispo católico, teólogo e filósofo argelino (354-430)], uma concepção do *regimen* cujo significado, antes de ser político, é ético e religioso.



Afinal, pode-se perguntar ao leitor, qual o sentido de tamanho recuo? Trata-se de marcar a novidade da noção política e estatal – isto é, moderna – de governo por contraste com o entendimento moral e religioso do *regimen* cristão e medieval? Ou então, seria o inverso: destacar a continuidade de fundo, que se oculta sob as rupturas aparentes? A narrativa de Senellart evita uma resposta esquemática a essas perguntas. Ele procura mostrar como essa passagem “deve ser descrita em termos de resistência, deslocamento, mistura, ruptura, inovação”. Assim, em lugar da oposição entre duas concepções globais de governo – uma moral e religiosa e outra estatal e política –, temos diferentes versões das artes de governar, abordadas a partir das transformações históricas de um gênero de discurso, os textos de aconselhamento e instrução do governante.

Até o século 16, nos diz o autor, esses “manuais de prudência política” apresentavam o formato de “espelhos do príncipe”: neles o governante deveria se mirar para alcançar as virtudes necessárias ao desempenho da sua função. Nos “espelhos”, o príncipe encontrava um modelo ideal que deveria servir de referência para a sua conduta. A partir do século 16, as obras centradas no príncipe e na sua instrução começam a ceder espaço para textos em que a figura do governante aos poucos se apaga e tem o seu lugar ocupado por um inventário das forças à disposição do Estado. Ao abordar essa transição, Senellart não se prende apenas à superação do conteúdo ético que impregnava os textos de aconselhamento do monarca. Interessa-lhe, sobretudo, o progressivo esvaziamento da visibilidade e da exemplaridade da figura do governante. À invisibilidade do príncipe corresponderá o imperativo de mapear e tornar cada vez mais visí-

veis os recursos do Estado. Essa exigência de mapeamento das forças sociais traz para a frente da cena uma racionalidade nova, de fundo técnico e administrativo, e, com ela, a valorização do segredo nos negócios de Estado. Dessa forma, ocorre a passagem de uma ênfase no bom *regimen* como condição prévia do exercício do poder para a idéia do governo como instrumento de um poder previamente constituído.

Segundo Senellart, essas transformações não obedeceram a uma linha de continuidade. Elas implicaram uma “total recomposição do campo discursivo”, que trouxe consigo novas definições a respeito do governo, dos seus fins e do objeto sobre o qual ele se exerce. Por outro lado, ao enfatizar as mudanças nos “regimes de visibilidade” e não apenas as rupturas com a moralidade cristã, ele procura pensar como essas “recomposições” aconteceram originariamente no interior da reflexão religiosa sobre o governo, e não apenas em oposição a ela. Com isso, o leitor que acompanhar as análises complexas e sinuosas do livro *As artes de governar* descobrirá possibilidades de aproximação entre autores que parecem pertencer a mundos inteiramente distintos, como é o caso de Santo Tomás de Aquino [teólogo italiano (1225-1274)] e [Nicolau] Maquiavel [historiador e diplomata italiano (1469-1527)]. Descobrirá também a sinuosidade e a complexidade dos caminhos que conduziram ao Estado moderno.

**Bernardo Ferreira**

*Departamento de Ciências Sociais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

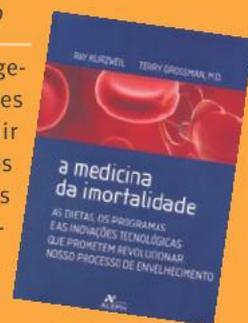
**A medicina da imortalidade**

**Ray Kurzweil e Terry Grossman**

*São Paulo, Aleph, 494 p., R\$ 69*

Oferecer um programa de longevidade que permita aos leitores manter sua saúde e prevenir doenças de modo a estar vivos quando as primeiras tecnologias de prolongamento da vida aparecerem em um futuro próximo.

Esse é o objetivo desta obra, que, ao longo de 23 capítulos, apresenta um trabalho que envolve orientação nutricional, exercícios físicos, perda de peso, redução de estresse, terapias alternativas, medicina convencional e tecnologia de ponta. Segundo os autores, o programa não propõe mudanças pontuais, radicais ou impraticáveis, e sim um plano integrado e abrangente que visa a uma melhora imediata e de longo prazo na qualidade de vida.



**O livro de ouro da Amazônia**

**João Meirelles Filho**

*Rio de Janeiro, Ediouro, 400 p., R\$ 59*

Pretender abarcar a múltipla diversidade da Amazônia em um livro com cerca de 400 páginas não parece ser um trabalho realizável. Contudo, o livro de João Meirelles consegue passar uma enorme quantidade de informações sobre esse ecossistema com certo grau de profundidade, excelente texto e boa documentação gráfica. É um livro que atualiza muito do conhecimento que existe sobre essa importante e cobiçada área do território brasileiro. É um texto de alguém que conhece de perto a região e, por isso, consegue nos falar com clareza dos conceitos e, mais importante, dos preconceitos que existem com relação à Amazônia. A leitura deste livro é de grande ajuda para a percepção dos perigos crescentes por que passa esse patrimônio da humanidade, ao mesmo tempo em que mostra algumas soluções possíveis.



**Ricardo Iglesias Rios**

*Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

# Primórdios do aquecimento global

Em 1957, a revista sueca *Tellus* publicou um artigo que incorporou de vez na agenda científica o estudo do aquecimento global. Nesse trabalho notável, o geólogo norte-americano Roger Revelle (1909-1991) e o físico-químico austríaco Hans Suess (1909-1993) revelaram que os oceanos não eram um pronto-escoadouro para o excesso de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado na atmosfera, estabelecendo, assim, uma conexão entre as emissões que resultavam das atividades humanas e a possibilidade de alterações na composição química da atmosfera terrestre.

A queima de hidrocarbonetos – principalmente combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural) – é ainda hoje a mais importante fonte de energia a movimentar os negócios em escala planetária. Esse processo resulta na emissão de subprodutos indesejáveis, notadamente o dióxido de carbono, ou gás carbônico (CO<sub>2</sub>). A emissão de dióxido de carbono de origem antropogênica (resultante das atividades humanas) aumentou muito a partir de meados do século 18, com a Revolução Industrial. De lá para cá, a proliferação de máquinas e motores a explosão transformou a queima de combustíveis fósseis em uma quase-necessidade – e, claro, em um negócio bastante lucrativo.

Estima-se hoje que aproximadamente 7,7 gigatoneladas (uma gigatonelada, Gt, equivale a um bilhão de toneladas) de dióxido de carbono antropogênico sejam lançadas a cada ano na atmosfera. Desse total, 5,7 Gt derivam da queima de combustíveis fósseis; as 2 Gt restantes provêm do desflorestamento, principalmente em países tropicais, como o Brasil. Para onde vai toda essa fumaça?

Moléculas de dióxido de carbono atmosférico estão constantemente fluindo para a biosfera, os solos e os oceanos. A biota de terra firme, por exemplo, absorve anualmente cerca de 102 Gt de carbono da atmosfera na forma de CO<sub>2</sub>, devolvendo 50 Gt via respiração e outras 50 Gt via decomposição. Trocas semelhantes ocorrem entre os oceanos e a atmosfera, com um saldo líquido em favor dos oceanos. Se parássemos por aqui, a contabilidade global estaria mais ou menos equilibrada, pois a absorção líquida de carbono por parte da biosfera e dos oceanos é compensada ao longo do tempo pela entrada na atmosfera do dióxido de carbono oriundo da atividade vulcânica.

O problema é que ao longo dos últimos 250 anos a emissão de quantidades crescentes de dióxido de carbono antropogênico passou a desequilibrar os fluxos naturais. Até meados do século 20, no entanto, poucos cientistas levavam a sério a hipótese de que atividades humanas pudessem de fato provocar mudanças na composição química da atmosfera e

Há 50 anos

que estas, por sua vez, seriam capazes de alterar de modo significativo o clima da Terra.

Um dos pioneiros na formulação dessa hipótese foi o químico sueco Svante Arrhenius (1859-1927), laureado com o Nobel de Química em 1903. Tomando como ponto de partida as idéias do matemático e físico francês Jean-Baptiste Fourier (1768-1830), para quem a atmosfera terrestre funcionaria de modo semelhante a uma estufa, mantendo o ar em seu interior aquecido, Arrhenius investigou o que poderia ocorrer com o clima do planeta, caso a concentração de gás carbônico aumentasse. Naquela época, os riscos de um eventual aquecimento global de origem antropogênica soavam como algo muito remoto ou mesmo impossível, e as especulações em torno do assunto permaneceram na obscuridade, mesmo entre cientistas.

Um sinal de mudança ocorreu em 1938, quando o engenheiro e inventor inglês Guy Stewart Callendar (1898-1964) escreveu um artigo relacionando o aumento observado na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico com a correspondente escalada na temperatura média do ar. Para a maioria dos especialistas da época, porém, suas conclusões eram precipitadas ou imprecisas. O fato de o vapor d'água ser um componente da atmosfera muito mais abundante do que o dióxido de carbono também fazia com que muitos cientistas creditassem a este último um papel apenas secundário na determinação do efeito estufa. Essa opinião começou a ruir em 1956, quando o físico canadense Gilbert Plass (1921-2004) publicou os resultados de seus estudos sobre a absorção de radiação por substâncias presentes na atmosfera, como o dióxido de carbono.

Foi nesse contexto que, em 1957, Roger Revelle e Hans Suess, ambos do Instituto Scripps de Oceanografia, nos Estados Unidos, publicaram 'Carbon dioxide exchange between the atmosphere and ocean and the question of an increasing atmospheric CO<sub>2</sub> during past decades' ('Troca de dióxido de carbono entre a atmosfera e o oceano, e a questão do aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico em décadas passadas'), que mudou de vez nosso modo de ver a questão. Nesse artigo, veiculado na revista científica *Tellus*, Revelle e Suess apresentaram pela primeira vez evidências convincentes para descrever e explicar o comportamento em larga escala do dióxido de carbono antropogênico. Em linhas gerais, o que eles fizeram foi revelar como e por que os oceanos – cujo estoque total de carbono (36 mil Gt) é cerca de

50 vezes maior do que o estoque atmosférico (730 Gt) – não seriam um pronto-escoadouro para o excesso de gás carbônico despejado no ar.

### Um dado novo

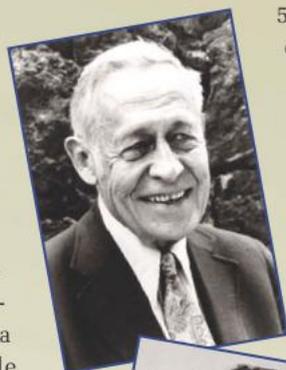
É fato que os oceanos absorvem dióxido de carbono atmosférico (o que, aliás, está produzindo seus próprios efeitos indesejáveis), e isso já era conhecido naquela época. No entanto, o que Revelle e Suess revelaram de novo foi que essa absorção ocorre em um ritmo bem mais lento do que até então se imaginava. Tal descoberta contrariava a opinião de quem acreditava que o excesso de CO<sub>2</sub> antropogênico seria prontamente absorvido pelos oceanos.

A explicação proposta por eles para essa lentidão é que há um freio natural (conhecido agora como 'efeito Revelle') que dificulta ou mesmo impede a difusão de moléculas de dióxido

de carbono atmosférico na camada superficial dos oceanos. A questão da absorção de CO<sub>2</sub> pelos oceanos, vale frisar, costuma ser dividida em duas partes: a difusão do gás nas águas superficiais (processo relativamente rápido, medido em dias ou meses) e a posterior mistura dessas camadas superficiais com o restante da coluna d'água (processo lento, medido em anos ou séculos). A intensidade do fator Revelle varia com as circunstâncias: quando seu valor é alto, a dificuldade de absorção é maior; quando é baixo, a dificuldade é menor.

A conclusão dos autores não poderia ser mais preocupante: se os oceanos não estão absorvendo prontamente o excesso de CO<sub>2</sub> antropogênico, a emissão continuada – como, aliás, vem ocorrendo desde então – deverá resultar em um gradativo acúmulo desse gás na atmosfera. Sabendo que o dióxido de carbono é um gás-estufa, um aumento em sua concentração deve intensificar o efeito estufa já exercido pela atmosfera, o que implicaria uma elevação da temperatura média da superfície do planeta. A esse último fenômeno damos o nome de 'aquecimento global'.

Efeito estufa e aquecimento global são termos relacionados, mas não são sinônimos nem deveriam ser confundidos entre si. Efeito estufa é um fenômeno natural, observado em todos os planetas do sistema solar cuja superfície é coberta por uma camada permanente de gases (atmosfera). A composição química da atmosfera, notadamente a concentração de CO<sub>2</sub>, tem papel decisivo na intensidade do efeito estufa, sendo, contudo, variável de um



Acima, Roger Revelle (1909-1991) e abaixo Hans Suess (1909-1993)

## Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO<sub>2</sub> during the Past Decades

By ROGER REVELLE and HANS E. SUESS, Scripps Institution of Oceanography, University of California, La Jolla, California  
(Manuscript received September 4, 1956)

### Abstract

From a comparison of C<sup>14</sup>/C<sup>12</sup> and C<sup>13</sup>/C<sup>12</sup> ratios in wood and in marine material and from a slight decrease of the C<sup>14</sup> concentration in terrestrial plants over the past 50 years it can be concluded that the average lifetime of a CO<sub>2</sub> molecule in the atmosphere before it is dissolved into the sea is of the order of 10 years. This means that most of the CO<sub>2</sub> released by artificial fuel combustion since the beginning of the industrial revolution must have been absorbed by the oceans. The increase of atmospheric CO<sub>2</sub> from this cause is at present small but may become significant during future decades if industrial fuel combustion continues to rise exponentially. Present data on the total amount of CO<sub>2</sub> in the atmosphere, on the rates and mechanisms of exchange, and on possible fluctuations in terrestrial and marine organic carbon, are inadequate for accurate measurement of future changes in atmospheric CO<sub>2</sub>. An opportunity exists during the International Geophysical Year to obtain much of the necessary information.

### Introduction

In the middle of the 19th century appreciable amounts of carbon dioxide began to be added to the atmosphere through the combustion of fossil fuels. The rate of combustion has continually increased so that at the present time the annual increment from this source is nearly 0.4 % of the total atmospheric carbon dioxide. By 1960 the amount added during the past century will be more than 15 %.

CALLNDAR (1938, 1940, 1949) believed that nearly all the carbon dioxide produced by fossil fuel combustion has remained in the atmosphere, and he suggested that the increase in atmospheric carbon dioxide may account for the observed slight rise of average temperature in northern latitudes during recent decades.

He thus revived the hypothesis of T. C. CHAMBERLIN (1899) and S. ARRHENIUS (1909) that climatic changes may be related to fluctuations in the carbon dioxide content of the air. These authors supposed that an increase of carbon dioxide in the upper atmosphere would lower the mean level of back radiation in the infrared and thereby increase the average temperature near the earth's surface.

Subsequently, other authors have questioned Callendar's conclusions on two grounds. First, comparison of measurements made in the 19th century and in recent years do not demonstrate that there has been a significant increase in

Table IX (1957), 1

Página inicial do artigo em que Revelle e Suess mostraram que os oceanos não absorvem prontamente o excesso de CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera

planeta para outro. O dióxido de carbono é um gás transparente à luz do Sol, mas é capaz de reter o calor (radiação infravermelha) liberado pela superfície terrestre. Assim, quanto maior o teor de CO<sub>2</sub>, mais intenso deverá ser o efeito estufa exercido pela atmosfera terrestre, o que significa que a temperatura da superfície do planeta será mais elevada. Como a presença de CO<sub>2</sub> acentua o efeito estufa, dizemos que ele é um gás-estufa.

A atmosfera de Vênus, por exemplo, é formada essencialmente por dióxido de carbono (96%), o que ajuda a explicar o intenso efeito estufa que resulta em temperaturas de superfície sempre tão elevadas (acima de 350°C). No caso da Terra, ocorre o seguinte: de toda a energia do Sol que atinge o planeta, cerca de 30% são imediatamente refletidos de volta ao espaço, outros 20% são absorvidos por elementos da atmosfera (principalmente moléculas de água) e os

50% restantes alcançam a superfície do planeta (terra firme e oceanos). Desses 50%, uma parte é absorvida e outra é refletida de volta à atmosfera. A maior parte da radiação refletida pela superfície do planeta é absorvida pela atmosfera ou é de novo refletida para a superfície; apenas uma pequena fração escapa para o espaço. O efeito líquido desse ziguezague da radiação é o aquecimento da atmosfera e da superfície do planeta – daí o nome efeito estufa.

O aquecimento global é a intensificação do efeito estufa, e sua origem estaria relacionada com as emissões de gases-estufa promovidas por atividades humanas ao longo dos últimos 250 anos. Ao contrário do que se imaginava 50 anos atrás, sabemos agora que as emissões antropogênicas podem alterar – de fato, já estão alterando – a composição química da atmosfera. Com isso, mudaremos também seu comportamento, como a capacidade de reter ou refletir radiação. Em resumo, podemos dizer que o processo de aquecimento global é resultado de uma intensificação de origem antropogênica de um mecanismo natural chamado efeito estufa.

A descoberta de Revelle e Suess teve inúmeras repercussões, notadamente a incorporação do aquecimento global à agenda científica. Além disso, suas conclusões estimularam a criação de novas linhas de pesquisas, como as medições diárias da concentração de dióxido de carbono atmosférico, empreendimento que vem sendo conduzido de modo ininterrupto desde aquela época. Graças a esse monitoramento rigoroso, iniciado pelo químico norte-americano Charles Keeling (1928-2005) – ver 'A curva de Keeling', em *Ciência Hoje* nº 219 –, temos hoje um quadro bastante detalhado do que ocorreu com a concentração de dióxido de carbono atmosférico ao longo dos últimos 50 anos. Projeções e análises comparativas permitiram ainda estimar a concentração desse gás em épocas pregressas.

A conclusão geral após todos esses anos de trabalho científico é preocupante. Resta agora saber se os governantes e as agências internacionais terão de fato disposição e capacidade para enfrentar o problema de frente, o que sem dúvida vai exigir a adoção de medidas contrárias aos interesses de empresas poderosas (companhias petrolíferas e a indústria automobilística, por exemplo), que são direta ou indiretamente responsáveis pela emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono antropogênico.

### Felipe A. P. L. Costa

*Biólogo, autor dos livros Ecologia, evolução & o valor das pequenas coisas (edição do autor, 2003) e A curva de Keeling e outros processos invisíveis que afetam a vida na Terra (Editora Moderna, 2006)*

**Desmatamento**

Gostaríamos de agradecer pela oportunidade de publicar o artigo ‘Guseiras na Amazônia: perigo para a floresta’ (CH 233). Esperamos que a divulgação do problema tenha impactos positivos para a sua reversão, pelo menos através de reflorestamento. O programa ‘Globo Repórter’, em 26 de janeiro último, retratou um caso pavoroso que está ocorrendo nas matas do Piauí: a produção de carvão vegetal para alimentar guseiras, inclusive com a aprovação do Ibama. Com certeza deve ter conexão com as guseiras do estado do Maranhão. Esperamos contar novamente com a atenção dessa prestigiada revista, como baluarte na luta pela conservação e preservação da Amazônia.

ALFREDO HOMMA  
BELÉM, PA

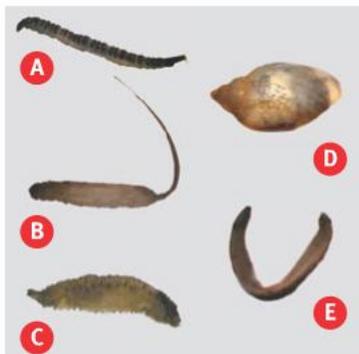
**Figuras trocadas**

No artigo ‘Impacto da urbanização na vida aquática amazônica’ (CH 236), há alguns erros na figura do canto direito inferior da página 66, que reúne larvas de insetos da ordem Diptera e dois organismos (sanguessuga e molusco) que não são insetos. Os erros estão nas indicações feitas na legenda, abaixo da imagem.

LUIZ AUGUSTO DA COSTA PORTO  
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
E CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS  
GOIÂNIA, GO

✉ O leitor está correto.

A figura correta seria a mostrada abaixo, com as larvas de dípteros à esquerda (Psychodidae em A, Syrphidae em B e Ephydriidae em C), e o molusco Gastropoda (D) e a sanguessuga (E) à direita.



**Crítica à OAB**

Muito oportuna a reportagem sobre a OAB (‘A Ordem dos Advogados do Brasil: entre a corporação e a instituição’, CH 233). Na verdade, a entidade tem extrapolado no seu papel de corporação profissional, pois não foi criada com a finalidade de patrulhamento de valores e publicidade, mas de fiscalizar a qualidade do trabalho em prol da segurança do usuário do serviço. Contudo, o termo ‘ética’ tem sido usado de forma a romantizar ‘reserva de mercado’ e ‘corporativismo’. Os dirigentes da OAB aparecem a todo momento na televisão, e na mídia em geral, até para dar palpite sobre o salário-mínimo. E isso não é considerado ilegal. A OAB (...) não pode proibir que os advogados anunciem em TVs, rádios e revistas, desde que sejam anúncios sóbrios. É absolutamente inconstitucional a norma da OAB que veda esse tipo de publicidade, pois nem mesmo a lei ousou a tal absurdo (...). Por fim, é totalmente paradoxal que a OAB, que defende a transparência no governo, se considere uma entidade de natureza pública e resista à prestação de contas ao Tribunal de Contas e não faça concurso para selecionar seus servidores. Mais paradoxal ainda é o fato de defender o fim da reeleição para chefe do Executivo e não aplicar o mesmo ao cargo de presidente da OAB. (...) Em suma, a OAB tem atendido apenas aos interesses dos grandes advogados, com a exceção de alguns estados.

DANIEL MAGALHÃES  
BELO HORIZONTE, MG

**Direito carente**

Agradeço ao CNPq por ter acesso à CH, como bolsista de iniciação científica. Para firmar a ambiência em pesquisa, é de grande importância que possamos saber sobre os diversos meios científicos, principalmente para acadêmicos como eu, de instituição do interior do país. É possível notar o destaque que as ciências naturais, tecnológicas e exatas têm diante das humanas e sociais, até pelas características metodológicas das pesquisas, que permitem resultados mais rápidos e,

então, maior volume de publicações. Eu iria colocar a CH 233 entre as leituras complementares, pois não havia notado o artigo sobre a OAB. O artigo, apesar de histórico, envolve assunto da área da minha graduação: o direito. A pesquisa e as publicações sob encomenda da OAB tornam-se importantes não só para formar e registrar a história da Ordem e da advocacia brasileira, mas também para sistematizar o histórico dos movimentos sociais e colocar a importância da entidade na historiografia do Brasil. Confesso estar decepcionado, não quanto ao artigo, mas à carência de publicações científicas específicas em ciências jurídicas. Existem periódicos próprios em direito, mas estão ligados a editoras de livros jurídicos ou órgãos do Judiciário (...). O número de cursos de graduação em direito cresce vertiginosamente (...) e a maioria dos egressos da graduação não tem interesse em fazer pós-graduação. (...) Assim se delinea o quadro do ensino jurídico contemporâneo: carente de pesquisas e de qualidade.

GUILHERME ANGERAMES R. VARGAS  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO – UNEMAT  
CÁCERES, MT

**Leitura e pesquisa**

Primeiramente, gostaria de parabenizar essa revista, tão amplamente difundida no meio acadêmico e atualizada em todas as áreas do conhecimento. Gostaria de agradecer por esse incentivo à leitura e à pesquisa. Sou acadêmica de ciências biológicas, trabalho como bolsista no Laboratório de Estresse Oxidativo e Antioxidantes da UCS e me sinto privilegiada por receber a CH em meu endereço.

CÁTIA DOS SANTOS BRANCO  
CAXIAS DO SUL, RS

Av. Venceslau Brás, 71  
fundos • casa 27  
CEP 22290-140  
Rio de Janeiro • RJ

CORREIO ELETRÔNICO:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS À REDAÇÃO



# Dirac e o anticoco

**Marco Moriconi**

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense  
moriconi@cienciahoje.org.br



O conceito de antimatéria fascina muita gente, de fãs de ficção científica a cientistas. A idéia de que para toda partícula elementar existe uma antipartícula foi proposta pelo genial físico inglês Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984). Antipartículas têm basicamente as mesmas propriedades físicas das partículas, mas o sinal da carga elétrica é invertido. Por exemplo, o pósitron ( $e^+$ ) é a antipartícula do elétron ( $e^-$ ); o antipróton ( $p^-$ ), do próton ( $p^+$ ). Ao se defrontar, em seus cálculos, com os estranhos 'elétrons positivos', Dirac achou de início que se tratava de prótons. Resistiu ao conceito de antimatéria, mas acabou aceitando-o. Ganhou, com isso, o Nobel de 1933!

Mas talvez a idéia de antimatéria tenha surgido um pouco antes...

Diz a lenda que, em uma competição de matemática na Universidade de Cambridge (Inglaterra), foi proposto o seguinte problema: três amigos, que tinham um macaco, passaram o dia coletando cocos. À noite, cansados, resolveram dividir os cocos na manhã seguinte. Porém, um deles acordou preocupado e resolveu pegar a parte dele. Dividiu os cocos em três pilhas e notou que havia sobrado um. Escondeu uma das pilhas, deu o coco excedente ao macaco e voltou a dormir. Mais tarde, outro amigo acordou e fez a mesma coisa: dividiu os cocos em três pilhas e viu que sobrava um. Escondeu uma pilha, deu o coco excedente ao macaco e... cama. Finalmente, o terceiro amigo fez exatamente o mesmo.

No dia seguinte, os três – todos fingindo não saber de nada – foram dividir os cocos restantes. Fizeram três pilhas iguais, viram que sobrava um coco e... sim, deram ao sortudo do macaco!

Pergunta: qual poderia ter sido inicialmente o menor número de cocos que permitiria que nosso relato tenha, de fato, ocorrido?

## DESAFIO

E se inicialmente tivéssemos quatro amigos e um macaco (poderia ser o título de um filme!)? Qual seria a solução em 'anticocos'?

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Aponte um caminho e pergunte: "Para a pergunta 'Esse é o caminho correto?', você responderia 'mis'?" Se a resposta for 'mis', o caminho está certo. Se for 'oan', está errado, mesmo sem que você saiba se ele era um Dedarve ou um Sorotímen. E se 'mis' é sim ou não! A análise é simples, mas deve ser feita caso a caso.

Usaremos nossa boa e velha estratégia do 'de trás para frente'. Suponha que, no final, cada um dos 'amigos' (as aspas são apropriadas neste caso!) tenha recebido  $N$  cocos. Então, naquela manhã, antes da divisão final, havia  $3N + 1$  cocos (1 foi para o macaco e  $N$  para cada amigo). Esses  $3N + 1$  cocos são o resto que o terceiro amigo deixou.

Mas como podemos saber quantos cocos tínhamos antes de o terceiro amigo fazer a partilha noturna? Bem, como ele deu um coco para o macaco e deixou  $2/3$  dos cocos para serem divididos, devemos fazer essas operações ao contrário. O contrário de multiplicar por  $2/3$  é dividir por  $2/3$ , que é a mesma coisa que multiplicarmos por  $3/2$ . E o contrário de tirar um coco (para o macaco) é devolver um coco. Portanto, para sabermos quantos cocos tínhamos, temos que multiplicar por  $3/2$  e somar 1.

A regra, então, para saber quantos cocos tínhamos na partilha anterior é sempre: multiplique por  $3/2$  e some 1. Assim, o número de cocos no início era:

$$\begin{aligned} 3/2 \{ 3/2 [ 3/2 (3N + 1) + 1 ] + 1 \} + 1 &= \\ 81N/8 + 65/8 &= (80 + 1)N/8 + (64 + 1)/8 \end{aligned}$$

$$\text{Simplificando, temos: } 10N + 8 + (N + 1)/8$$

E agora? Bem, como o número de cocos no início era um número inteiro, esse número que achamos tem que ser inteiro. A primeira parte,  $10N + 8$ , é um inteiro para qualquer valor de  $N$  que colocarmos. Mas e  $(N + 1)/8$ ? Você pode verificar que esse número só será inteiro se  $N$  for 7, 15, 23, 31 e assim por diante. Portanto, a solução para o número mínimo é obtida quando  $N = 7$ , dando 79 cocos no início.

Mas aqui entrou o gênio criativo de Dirac. Ele sugeriu...  $N = -1$ ! Ou seja, que no início havia... -2 cocos! Veja por que funciona: se você tem -2 cocos, dá um coco para o macaco, sobram -3 cocos. Pega um terço, ou seja, -1 coco, e sobram -2 cocos. Para o segundo e terceiro, acontece a mesma coisa. Apesar de meio maluca, é uma solução do problema!

Então, pelo visto, antes de Dirac ter concebido os antielétrons, já havia inventado o anticoco!

P.S.: Certo, é só um problema, mas sempre achei que havia uma coisa estranha nele. Se havia 79 cocos no início, na manhã seguinte eles teriam um monte de apenas 22 cocos. Será que ninguém teria percebido a diferença?

FOTO DE ATENA CALINE A. KASPER