

# Um cálculo no meio do caminho

FLÁVIO FERREIRA E PAULO DE CAMARGO  
free-lance para a Folha

O problema do ensino da matemática começa a ter sua equação invertida. Não são os estudantes que não aprendem, são os professores que não ensinam. A afirmação poderia soar revanchista se feita por aqueles de nós incapazes de definir

rapidamente uma hipotenusa ou uma mera raiz quadrada. Mas não se trata de reação tardia de maus alunos, e sim da constatação dos próprios educadores.

A consciência da dificuldade de transmitir o conhecimento matemático não é nova. Talvez remonte aos tempos em que Euclides — o maior matemático da Antiguidade greco-romana — fundou sua escola em Alexandria, cerca de três séculos antes de Cristo. A novidade é a urgência em enfrentar a questão.

Lidar com números requer uma capacidade de apreender abstrações. O resultado desse aprendizado, porém, é bem concreto. A sociedade contemporânea cobra um mínimo de conhecimento matemático. Sem o básico, a própria cidadania fica ameaçada.

Tocar um negócio, acompanhar a evolução de uma campanha eleitoral, controlar o orçamento doméstico, verificar o rendimento de uma aplicação financeira, tudo exige algum trânsito pelo mundo dos algarismos, das proporções, da linguagem matemática.

As vezes, até uma promoção profissional depende da matemática. É o caso da auxiliar de enfermagem Myriam da Silva Bevilaqua, 61, que trabalha no Hospital do Mandaqui, em ~~Paulo~~ Paulo. Ela voltou a estudar matemática para concluir o supletivo de ensino médio e poder, assim, ser promovida a técnica de enfermagem.

Myriam Bevilaqua não está sozinha em sua dificuldade com os números. Ao contrário. As principais provas escolares mostram que, nesse campo, há uma pedra no meio do caminho do brasileiro (a pedra está associada ao cálculo até pela etimologia: "calculu", do latim, significa pedrinha). Em 2001, nas provas do Sistema Nacional de Ensino Básico (Saeb), os alunos da 4ª série do ensino fundamental acertaram, em média, 30% das questões de matemática. No ano passado, na primeira fase da Fuvest, os 130 mil alunos tiveram acerto médio de apenas 20%.

As dúvidas não dirimidas nas salas de aula em geral acompanham o indivíduo pelo resto da vida. A ignorância tem preço alto, estabelecido numa escala crescente de exclusão dos círculos mais privilegiados da sociedade.

Sempre se soube, até intuitivamente, que a grande maioria não entende a mais rasteira matemática. A impressão foi agora confirmada por uma pesquisa nacional, a que a

# O espírito mix de Beto Lago

Gilberto Dimenstein colunista da Folha

experimentar



matangra

**B**eto Lago, 33, nasceu na zona norte de São Paulo, em uma família de classe média baixa. Estudou, com dificuldades, até a oitava série do ensino fundamental. Fez os mais diversos tipos de bico: de contínuo a garçom, passando por vendedor de loja e modelo. Deslocado, encantou-se pelas tribos urbanas marginais. Dessa combinação de diversidade com marginalidade surgiu o aprendizado para criar, há sete anos, o Mundo Mix, ícone da moda alternativa no Brasil.

Atualmente com conexões em 14 cidades e, lentamente, entrando na Europa, o Mundo Mix transformou-se num laboratório de experimentação de novas modas e atitudes. Ali, por exemplo, surgiu o primeiro restaurante de cozinha "thai" em São Paulo e a percepção de que valia a pena investir nos adereços para os clubbers.

"Aprender, para mim, significa viver. Viver é experimentar", sintetiza Lago, para quem o Mundo Mix nasceu como um espaço que cultua a diversidade. "Valorizar a diferença é minha mola propulsora."

Sem educação formal, Lago foi aprendendo na vida o que tinha de aprender para prosperar profissionalmente. Gerente de uma loja num shopping center, chamou para ajudá-lo exóticos seres do mundo clubber, com suas

roupas enegrecidas, piercings e cabelos arrepiados.

Deu errado e, ao mesmo tempo, deu certo. Atraiu uma clientela descolada, mas os donos da loja não conviveram bem com os vendedores um tanto estranhos à paisagem de um shopping. Perdeu o emprego, mas tinha ganhado uma idéia: dali nasceria o "Mundo Mix", que serviria de incubadora para a moda anti-shopping, e, ao mesmo tempo, seria um ponto de encontro.

"Sinto-me como uma espécie de Sebrae alternativo", brinca. O "Sebrae" funcionou. Muitos dos estilistas que fazem sucesso nacional e internacional - alguns deles responsáveis por São Paulo se converter na capital da moda brasileira - começaram naquele laboratório de tendências.

Um próximo projeto, ainda em discussão, é criar uma versão educacional do Mundo Mix. "Quero criar um espaço de oficinas, com candidatos a estilistas, em que se compartilhem nossas criações", diz Lago.

Gilberto Dimenstein, 45, é jornalista, autor de livros educacionais e promove experiências educacionais em escolas de ensino médio. Está coordenando projeto pedagógico para facilitar o estudo sobre a cidade de São Paulo nas escolas, utilizando-o como inter e multidisciplinar.  
@-> gdimen@uol.com.br

## CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO UNINOVE

### A gente sabe que não é fácil.

*Trabalho, família, trânsito, compromissos, horários apertados, aulas, estudos, ufa! É preciso muita garra para fazer uma Pós-Graduação. A Uninove sabe disso e valoriza o seu esforço com estrutura, professores e a melhor formação. Depois, é só correr para o mercado - isso se o mercado não correr para você. Aproveite: as matrículas estão abertas.*

### E você sabe como é importante.



Unidade Memorial América Latina - Av. Dr. Adolfo Pinto, 109  
www.uninove.br - 0800 70 10 999

#### EDUCAÇÃO CONTINUADA **INSCRIÇÕES ABERTAS**

- MBA em Gestão da Tecnologia de Informação e Estratégica Empresarial
- Administração de Recursos Humanos
- Administração de Marketing
- Enfermagem em Obstetria
- Enfermagem do Trabalho
- Psicopedagogia

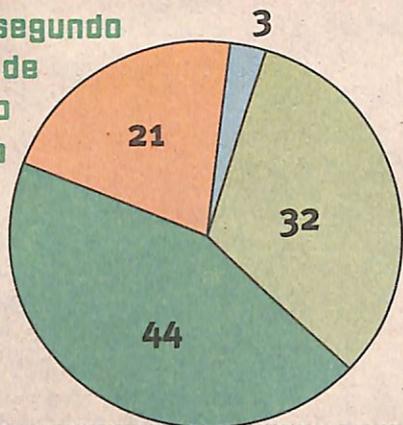
#### MESTRADO - STRICTO SENSU **INSCRIÇÕES ENCERRADAS**

- Mestrado em Educação
- Mestrado Profissional em Administração



# Conheça o nível brasileiro de alfabetismo funcional em matemática

**População segundo a condição de alfabetismo matemático (em %)**



**O que é**

## Analfabetismo matemático

As pessoas classificadas nesse nível, consideradas analfabetas funcionais, não demonstram dominar nem sequer as habilidades matemáticas mais simples e básicas, como ler o preço de um produto em um anúncio de jornal ou anotar um número de telefone ditado por outra pessoa

## Alfabetismo matemático nível 1

As pessoas classificadas nesse nível acertam todas as tarefas de leitura de números de uso frequente em contextos específicos do dia-a-dia: preços, horários e instrumentos de medida simples, como régua e fita métrica. Elas também são capazes de anotar o número de telefone ditado por alguém

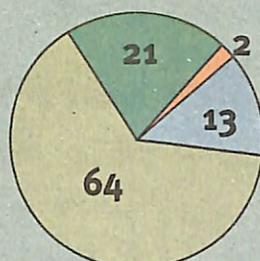
## Alfabetismo matemático nível 2

Os classificados nesse nível demonstram dominar a leitura de números, independentemente da ordem de grandeza, e são capazes de ler e comparar números decimais que se referem a preços. Resolvem operações de adição e subtração e mesmo uma multiplicação. A maioria recorre à calculadora. Sabem identificar a existência de relação proporcional direta e inversa

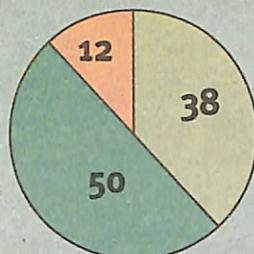
## Alfabetismo matemático nível 3

Nesse nível, os indivíduos têm capacidade de adotar e controlar uma estratégia na resolução de problemas que demandam a execução de uma série de operações, inclusive as que envolvem o cálculo proporcional. É apenas nesse nível que as pessoas demonstram certa familiaridade com algumas representações gráficas, como mapas, tabelas e gráficos

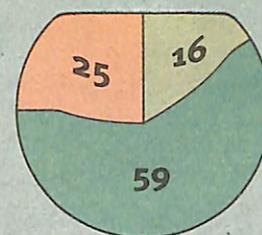
**Resultados por nível de escolaridade (em %)**



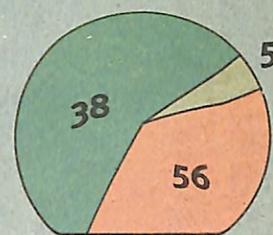
Até a 3ª série do fundamental



da 4ª à 7ª série do fundamental

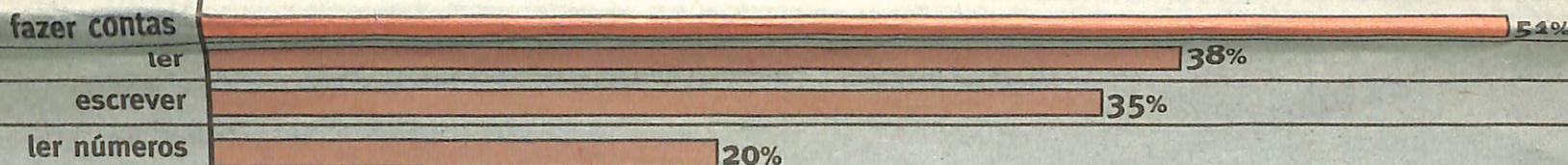


Ensino fundamental completo e médio incompleto



Ensino médio completo ou mais

## Índice dos que declaram ter alguma dificuldade em:



Fonte Instituto Paulo Montenegro/ONG Ação Educativa

## Desconhecimento da matemática básica pode ameaçar até a cidadania

Folha teve acesso, que mostrou que apenas pouco mais de um quinto dos brasileiros (21%) tem pleno domínio das habilidades matemáticas básicas. Assim mesmo, a "aprovação" desse contingente só foi possível porque a pesquisa avaliou apenas a funcionalidade das habilidades básicas em matemática. Bastava o entrevistado acertar uma regra de três ou demonstrar familiaridade com representações gráficas, como mapas e tabelas, que passava a integrar essa, por assim dizer, elite.

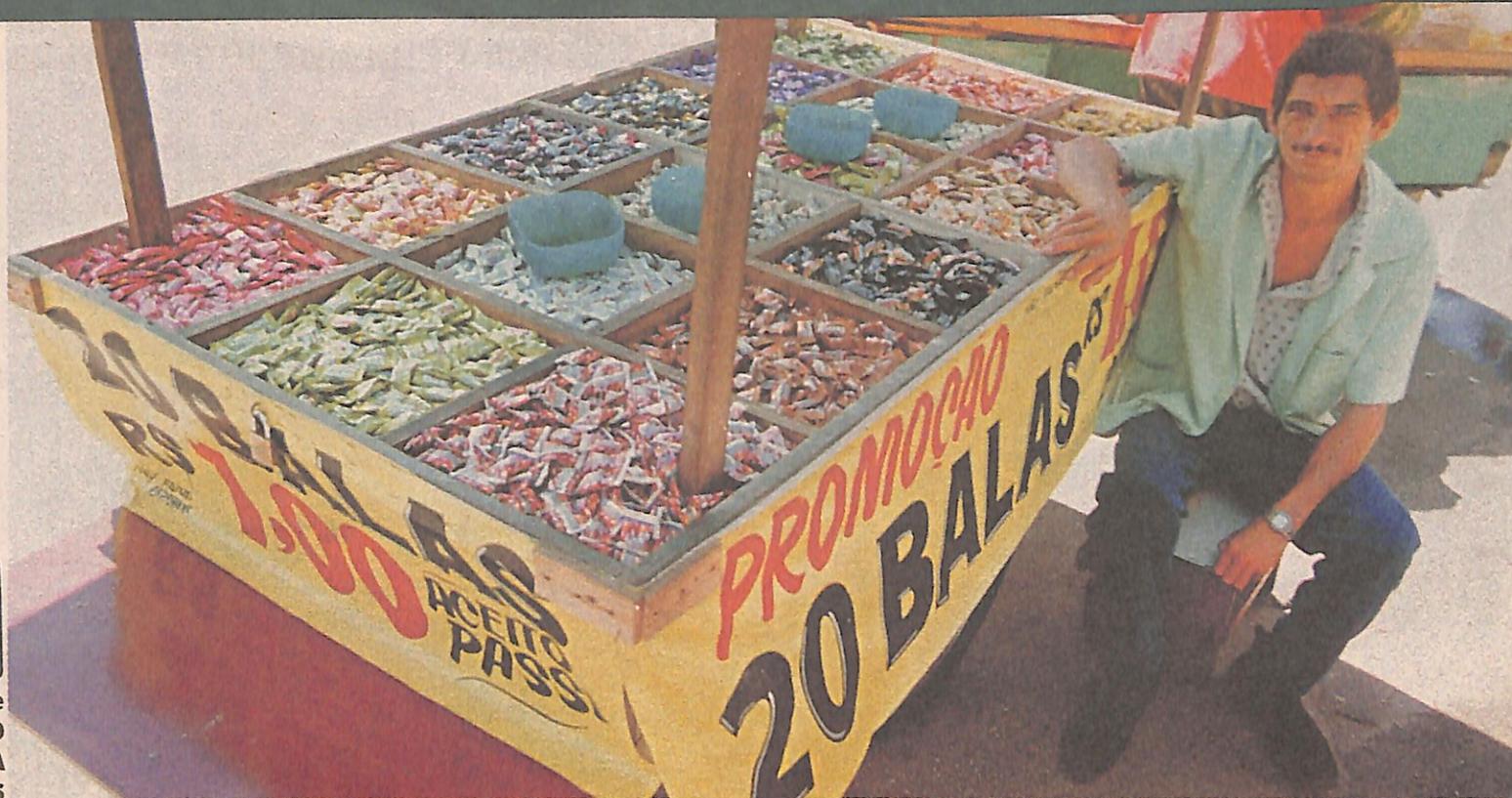
A pesquisa Inaf (Indicador Nacional de Alfabetismo Funcional), realizada pelo Instituto Paulo Montenegro, do Ibope, em parceria com a ONG Ação Educativa, procurou adequar o conceito de alfabetismo funcional à matemática. Para tanto, entrevistou 2.000 pessoas de 15 a 64 anos, que tentaram realizar tarefas de complexidade variada. Quase quatro quintos deles (79%) revelaram apenas algum grau de alfabetismo matemático.

O trabalho subdividiu esse grupo em três níveis. Cerca de um terço (32%) conseguiu apenas desempenhar tarefas simples, como anotar >>

Alexandre Schneider/Folha Imagem



A auxiliar de enfermagem MYRIAM DA SILVA BEVILAQUA



O vendedor de balas **FRANCISCO DE SOUZA MORAES**

um número de telefone ditado por alguém, ver as horas no relógio de ponteiros e verificar datas num calendário.

A maioria (44%) é capaz de resolver problemas que envolvem operações de adição e subtração com valores em dinheiro. Nessa situação, estão pessoas como o vendedor de balas Francisco de Souza Moraes, 38, que, apesar de ter concluído a primeira série do ensino fundamental, diz não sabe ler nem escrever. Vindo do Ceará, está há seis anos em São Paulo e, dominando as quatro operações, consegue calcular o ganho na venda dos produtos de sua banca.

Esses dois grupos são formados por indivíduos com conhecimento funcional. No terceiro grupo, formado por 3% dos entrevistados, ficaram os analfabetos, incapazes de, ao menos, anotar um número de telefone. Em pesquisa semelhante, realizada para avaliar a habilidade no uso da leitura e da escrita, 9% foram considerados analfabetos pelo mesmo critério.

Essa comparação permitiu que, no meio acadêmico, os resultados da pesquisa sobre conhecimento matemático não fossem considerados tão ruins. Para alguns educadores, porém, essa percepção complacente em nada contribui para tornar realidade a ambição de desenvolvimento científico-tecnológico do país. É o caso do professor Antônio José Lopes, ou Bigode, como é chamado.

Autor de livros didáticos para o ensino fundamental, Bigode procura desenvolver uma con-

**Lidar com números requer uma capacidade de apreender abstrações**

ceituação mais exigente de alfabetismo funcional em matemática. “Nossa situação é um caos estrutural”, afirma Bigode, que propõe um teste ao leitor na página 14.

O problema não está restrito ao Brasil, mas aqui a situação é particularmente grave. Em comparações internacionais, como a realizada pelo Educacional Testing Service, dos Estados Unidos, o Brasil sempre desponta entre as últimas posições. Para Bigode, há consenso sobre a causa do problema: a falha na educação. “A matemática da escola não diz nada para o aluno sobre o mundo que o cerca.”

A crítica vem dos tempos da matemática moderna, que, concebida nos EUA, marcou profundamente o sistema educacional brasileiro até a década de 80. “A herança da matemática moderna foi um ensino centrado no cálculo mecânico, carente de significado e construído em degraus estanques”, avalia o professor Luis Imenez.

**A crítica ao movimento é quase uma unanimidade no meio acadêmico, mas há quem faça ressalvas.** “Não era um movimento intrinsecamente errado, mas foi abortado ainda no seu início, pois ninguém se preocupou em preparar os professores e a sociedade”, diz o pesquisador Ubiratan D’Ambrosio. “Esse é um problema comum em todas as reformas: só depois pensam na formação do professor.”

Na tradição brasileira, a formação do professor depende sobretudo do livro didático. Esse material de apoio tem sido renovado. Nos últimos cinco anos, surgiram diversos livros produzidos a partir de concepções mais modernas. Muitos são recomendados pelo Ministério da Educação. Mas há resistência tanto de pais como de professores educados à moda antiga.

## Breve história da matemática

### 2.000 a.C.

Os **babílonios** criam as primeiras formas de numeração posicional, ou seja, um número pode ter diferentes valores, dependendo da posição em que está



### Séc. 6º a.C.

Os **gregos** simplificam notação numérica, abandonam as formas gráficas do número e as substituem por letras, que correspondem à designação inicial de número (acrofonia). O número 100, por exemplo, era a letra H (de Hekaton = cem)



### Séc. 3º a.C.

**Euclides**, o maior matemático da Antiguidade, estrutura o conhecimento matemático

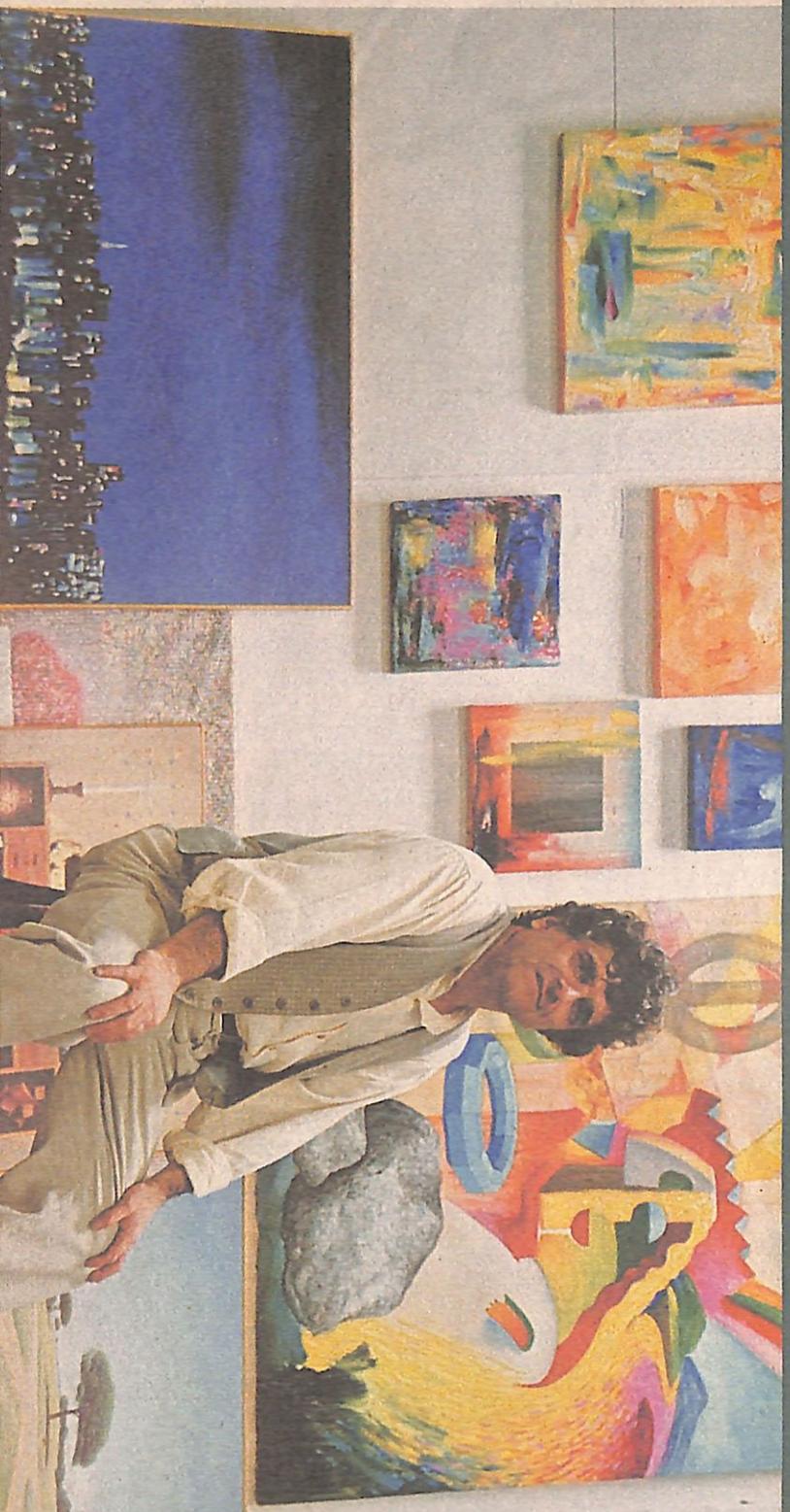


### Séc. 5º d.C.

Os **hindus** criam um sistema de numeração que reúne o uso do zero, o princípio de posição e a base 10, criando o sistema até hoje utilizado

### Séc. 8º

Depois das Cruzadas, o matemático e comerciante Leonardo de Pisa leva para a Europa o sistema indoarábico, que impulsiona o desenvolvimento do mercantilismo. Começam a chegar livros árabes, provocando reações da igreja, contra o sistema “herege”



O artista plástico **ANTONIO PETTICOV**, em seu ateliê

Alguns não se conformam, por exemplo, com a pouca importância que hoje se dá às frações. Muitos implicam com a liberação do uso da calculadora em sala de aula, algo de que Bigode não abre mão. “O aluno precisa aprender a usá-la com inteligência”, diz. “Qual é o sentido de ensinar, hoje, como calcular à mão a raiz quadrada de 2?”, pergunta. Autores contemporâneos tendem a concordar com ele. Acharm que o aluno deve perder menos tempo com contas e investir mais na resolução criativa de problemas, usando o raciocínio e aprendendo a fazer relações contextualizadas. A partir dos avanços da pedagogia, os matemáticos têm usado diferentes recursos, como jogos, histórias, informática, relações culturais, ligações com o cotidiano e modelos matemáticos associados a situações reais.

A forma tradicional de ensinar matemática deixou muitas vítimas pelo caminho. Poucas conseguiram reagir, como o artista plástico Antonio Petticov, que repetiu cinco vezes a 2ª série do ensino fundamental por não saber matemática. “Tive um professor que disse, no primeiro de aula, que toda a classe seria reprovada”, lembra. “A matemática tem de ser ensinada docemente, senão trava qualquer pessoa.” A ironia é que Petticov, ao contrário do que seu registro escolar sugere, tem especial talento para números: tornou-se famoso internacionalmente por desenvolver uma arte baseada em diversos conceitos matemáticos, como a regra de ouro — um parâmetro de proporcionalidade que foi um paradigma estético da arte clássica. Seu interesse levou-o a ser convidado a integrar o seleto grupo da Lewis Carroll Society, que reúne especialistas em matemática recreativa. Autor de “Alice no País das Maravilhas”, Carroll não dispensava lições de mate-

## As dúvidas não dirimidas nas aulas acompanham o indivíduo pelo resto da vida

de lógica matemática”, diz Petticov. Da mesma opinião compartilha o cineasta e arquiteto José Roberto Nefi Sadek, hoje superintendente do Itaú Cultural. Depois de sofrer na mão de professores, Sadek persistiu em sua paixão e se tornou diretor de um dos projetos mais premiados do vídeo educativo brasileiro, a série “Arte & Matemática” (2001).

**Para atender a alunos como esses, pesquisadores vêm se empenhando nos últimos 20 anos em abrir novas portas para o aprendizado, como a etnomatemática, que se baseia no respeito às raízes culturais do aluno, e outras ramificações da ciência matemática.** “O grande desafio é fazer essa pesquisa chegar à sala de aula”, diz a matemática Célia Maria Carolina Pires, da Sbem (Sociedade Brasileira para o Ensino da Matemática).

“É um processo lento e pontual, mas que começa a se disseminar”, avalia a consultora Maria Ignez Diniz, doutora pela USP e diretora do Mathema, um instituto de pesquisa que capacita professores em diversas regiões. “O problema é que este país >>>

**Séc. 14**  
Grande produção dos matemáticos a partir dos livros árabes de matemática. O sistema indo-arábico vira coqueluche entre comerciantes por sua praticidade

**Sécs. 15 e 16**  
Estudos da matemática entrelaçam-se com a filosofia (Descartes) e com os avanços da física (Galileu). Aparecem os cálculos com logaritmos, por exemplo



**Sécs. 17 e 18**  
Momento decisivo da matemática moderna, com a publicação de “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, de Isaac Newton. Surgem novas conceituações da matemática. Começa a ser formulada a teoria das funções



**Séc. 20**  
Surgem novos conceitos da matemática, principalmente a partir das teorias formuladas na física por Albert Einstein e Max Planck. nas áreas da física quântica e da relatividade. A partir do final da Segunda Guerra Mundial, surgem a teoria dos fractais e a teoria dos jogos



Fotos Reprodução

# Zero é dez

OSCAR PILAGALLO  
Editor do Sinapse

A grande dificuldade do indivíduo em assimilar certos conceitos matemáticos encontra paralelo na história da humanidade. As poucas civilizações que contribuíram decisivamente para a ciência custaram a erigir sistemas que hoje, de tão simples e perfeitos, parecem naturais.

A invenção dos números talvez tenha sido uma das tarefas mais demoradas do homem. Algarismos rudimentares, uma idéia original dos sumérios, remontam a cerca de 3.000 anos antes de Cristo. Foi só no século 5º de nossa era, porém, que a matemática ganhou a forma atual.

A grande aventura intelectual nesse longo intervalo foi a busca do zero. "Se se quisesse esquematizar a história das numerações, dir-se-ia que é todo o caminho que separou o um do zero", sintetiza Georges Ifrah em "História Universal dos Algarismos" (Nova Fronteira, 1997). O um é, cronologicamente, o primeiro número; o zero, o último.

A necessidade, sempre ela, foi a mãe do zero. A idéia de um sinal gráfico que significasse número nulo e espaço vazio não fazia sentido antes que surgisse o princípio de posição, segundo o qual o valor do número depende do lugar em que se encontra. Como se sabe, a primeira casa é da unidade, a segunda é da dezena, a terceira é da centena e assim por diante. Para empurrar o número de uma posição para outra, precisava-se do zero.

Os sábios da Babilônia, conta Ifrah, tatearam um conceito de zero no início do segundo milênio antes de Cristo. Posteriormente, matemáticos chineses e astrônomos maias também fizeram suas tentativas. O antecessor do zero como o conhecemos hoje, no entanto, só surgiria no século 5º, na Índia.

Ao Ocidente, o zero só chegaria no início do século 13, juntamente com os algarismos arábicos, assim batizados porque foram os árabes os responsáveis pela transmissão desse sistema numérico, que, na essência, é indiano. Na época, a economia monetária voltava a ganhar importância (depois de o uso do dinheiro ter sido quase abandonado na Idade Média) e os algarismos arábicos, mais funcionais do que os imprestáveis romanos, facilitavam os cálculos, azeitando os negócios.

Sem a invenção do zero, a numeração racional não teria sido possível. Ifrah eleva o zero à condição de obra-prima. "Nenhum melhoramento da notação dos números fez-se necessário desde que essa numeração perfeita foi inventada", afirma. A contrapartida é que esse divisor de águas, que impulsionou o desenvolvimento das ciências e da tecnologia, exigiu um grau muito mais elevado de abstração.

É por isso que aprender matemática não é fácil. O consolo, como diz Steven Pinker, é que "em termos evolutivos, seria surpreendente se as crianças fossem mentalmente equipadas para a matemática da escola". Em "Como a Mente Funciona" (Companhia das Letras, 1998), o psicólogo conclui que a história da matemática é muito recente para ter marcado o genoma humano.



O professor  
**LEÔNCIO  
FERNANDES  
PASCOAL**  
e alguns dos  
alunos que  
participam  
do projeto

» é um planeta, e o ensino de matemática virou uma colcha de retalhos", afirma.

Entre formas antigas e novas de ensinar matemática, o professor muitas vezes fica confuso. Um exemplo típico é a chamada contextualização, apregoada pelos Parâmetros Nacionais Curriculares e por grande parte dos educadores modernos. Muitos acham que contextualizar é encontrar aplicações práticas para a matemática a qualquer preço. "Já encontramos alunos que sabiam fazer frações usando pizzas e bolos, mas não utilizando números", diz Inez Diniz.

**Outros críticos apontam o descaso com os conteúdos.** Para Cláudio Ossami, que dirigiu a comissão de graduação do Instituto de Matemática da USP, as novas estratégias de ensino obtêm mais sucesso com os conteúdos mais básicos. "Não há como ensinar funções através de jogos", diz. Para ele, a solução está no equilíbrio. "Já erramos por tornar o ensino muito formal, mas agora se contextualiza tanto que se perde a perspectiva do que está sendo ensinado."

A polêmica sobre o ensino da matemática não se limita ao Brasil. "Em Portugal, na Europa e na América do Norte, há duas grandes correntes: uma defende o aperto da malha da avaliação e outra procura tornar a matemática mais interessante", afirma o pesquisador João Pedro da Ponte, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Enquanto as grandes redes de ensino público e privado ainda não incorporaram por completo a nova visão da matemática, a iniciativa de mudar quase sempre parte de uma insatisfação individual do professor com as formas tradicionais de ensinar.

Foi o que aconteceu na Escola Estadual Professora Lucia Akemi Miya e no Centro Educacional Escola Viva, em Itapeverica da Serra (SP). Nessas escolas, o professor Leôncio Fernandes Pascoal, 28, utilizou diversos softwares gráficos e

**O aluno deve perder menos tempo com contas e investir na resolução criativa de problemas**

pedagógicos para ensinar aos alunos conceitos de álgebra e da geometria. O estudo durou um semestre e partiu de fotografias de prédios do centro de São Paulo feitas pelos alunos. "Sempre procurei formas diferentes de ensinar", conta Pascoal.

O caso de Pascoal não é isolado. Desde



2001, quase 15 mil professores realizaram voluntariamente oficinas de capacitação em informática pedagógica voltada para a matemática. Nas oficinas, aprenderam a utilizar softwares como o Cabri Geomètre, um programa que, desenvolvido na França, se tornou sensação entre os educadores por permitir que o aluno pesquise e desenvolva conhecimentos de geometria dentro da perspectiva do construtivismo.

Para Maria da Conceição Fonseca, professora da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais e uma das coordenadoras do Inaf, o processo de mudança ocorrerá com certeza, sobretudo se impulsionado pela crescente disputa de vagas no mercado de trabalho.

Conforme Adilson Simoni, coordenador do Núcleo de Estudos de Graduação da USP, se antes o destino dos matemáticos era a pesquisa, hoje, cada vez mais, o mercado financeiro se interessa pelos formandos dessa área. "Desde o terceiro ano da graduação, os alunos começam a ser procurados", diz.

### A forma tradicional de ensinar matemática deixou muitas vítimas pelo caminho

Na outra ponta do sistema educacional, o domínio de habilidades básicas também faz muita falta. É essa demanda que explica o desempenho de redes de ensino como a Kumon. Criticada por educadores por basear-se em fórmulas tradicionais, como a repetição de exercícios, a escola encontra cada vez maior número de adeptos. Em

2002, ano em que as escolas particulares perderam alunos em São Paulo, a rede Kumon cresceu 14%, chegando a 90 mil estudantes. "Nosso método busca desenvolver alunos autodidatas, disciplinados e autoconfiantes", explica Renato La Selva, gerente de marketing do grupo. O Kumon não se embasa em nenhuma teoria pedagógica. É um método prático, criado no Japão por um professor que queria ajudar seu filho.



**JOSÉ ROBERTO SADEK,**  
superintendente  
do Instituto Itaú  
Cultural

**Por maiores que sejam os esforços, a matemática, para muitos, continua sendo um bicho-de-sete-cabeças.** Vera Masagão, 44, coordenadora-geral da ONG Ação Educativa, avalia que o temor em relação à matéria poderia ser reduzido se, nas salas de aula, a matemática fosse mais associada ao cotidiano dos estudantes.

É o que afirma também o coordenador de matemática da Escola Móbile, Antonio de Freitas da Corte. Na escola, um dos objetivos do ensino da matemática é a interpretação da realidade que vivem os alunos. Em 2002, todas as turmas estiveram envolvidas no acompanhamento das pesquisas eleitorais. Chegaram mesmo a preparar, aplicar e analisar uma pesquisa num universo de 2.000 pessoas, ao mesmo tempo estudando a matemática necessária para essa operação.

Qualquer que seja a linha a ser adotada, o certo é que a necessidade de renovação é consensual entre os pesquisadores. O surgimento, de tempos em tempos, de novos métodos de ensino é uma tentativa de resposta a essa dificuldade intrínseca de estimular o raciocínio abstrato sem perder o vínculo com o mundo real. ■

### Saiba mais

[www.tvcultura.com.br/artematematica](http://www.tvcultura.com.br/artematematica)  
Site do programa "Arte & Matemática", da TV Cultura, premiado como o melhor vídeo educativo de 2001 em festivais no Japão e na China

[www.matematicahoje.com.br](http://www.matematicahoje.com.br)  
Textos, dicas, links interessantes para quem gosta de matemática

[www.fi.uu.nl](http://www.fi.uu.nl)  
Site de um dos grupos de ensino de matemática mais ativos do mundo, na Holanda, criado pelo matemático Hans Freudenthal (1905-1990)

[www.mathema.com.br](http://www.mathema.com.br)  
Site do Instituto Mathema, com sugestões bibliográficas, links, cursos, propostas de atividades e artigos

[www.apm.pt](http://www.apm.pt)  
Site da Associação de Professores de Matemática de Portugal, um ativo grupo de discussões sobre o ensino dessa ciência

[www.sbem.com.br](http://www.sbem.com.br)  
Site da Sociedade Brasileira para o Ensino da Matemática, com links, artigos e informações sobre cursos e congressos

[www.somatematica.com.br](http://www.somatematica.com.br)  
Portal de ensino, com jogos, atividades e biografias de matemáticos, entre outros

# Descubra qual é o X da questão



ANTONIO JOSÉ LOPES "BIGODE"  
especial para a Folha

- 1** A palavra "algarismo":
- a) É derivada da expressão "algum ritmo", devido ao modo ritmado com que fazemos cálculos
  - b) Tem sua raiz no nome do matemático árabe Al-Khwarizmi, que escreveu um dos primeiros tratados de álgebra
  - c) Provém do termo "algaravia", que significa "linguagem confusa e ininteligível"
  - d) Foi criada por um grupo de alunos que consideravam seu professor de matemática um "alço"

- 2** Gato e meio come rato e meio em um minuto e meio. Quantos ratos come um gato em um minuto?
- a) 2/3 de um rato
  - b) 1 rato
  - c) 3/2 de rato
  - d) 2 ratos

- 3** Você está com saldo negativo no seu cheque especial de R\$ 1.000. O banco cobra 10% ao mês de juros. Depois de quanto tempo você vai estar devendo para o banco aproximadamente o dobro do que deve agora?
- a) 2 meses
  - b) 7 meses
  - c) 10 meses
  - d) 12 meses

- 4** Fractal é:
- a) O nome que se dá à fração de um poliedro de cristal
  - b) Uma forma geométrica irregular, auto-similar, de dimensão fracionária
  - c) O valor numérico do inverso do número "pi" ( $1/\pi$ )
  - d) Fragmento de um número decimal

**5** Cada um dos cartões abaixo tem de um lado um número e de outro uma letra:



Alguém afirmou: "Todo cartão que tem de um lado uma vogal tem um número par na outra face". Para verificar se esta afirmação é verdadeira, é:

- a) Necessário virar os dois primeiros cartões
- b) Necessário virar os dois últimos cartões
- c) Suficiente virar os dois cartões do meio
- d) Suficiente virar o primeiro e o último cartão

**6** Quem é Malba Tahan, autor do clássico "O Homem que Calculava", traduzido para mais de uma dezena de idiomas?

- a) Um importante matemático árabe, nascido em Bagdá e que se dedicou ao estudo de teorias sobre o uso das frações para resolver problemas de partilha de rebanhos de camelos
- b) Contemporâneo do matemático árabe que escreveu um dos primeiros tratados de álgebra, e prefaciou a edição brasileira do livro "As Mil e Uma Noites"
- c) Professor carioca que passou sua infância na cidade paulista de Queluz e fez carreira no tradicional colégio Pedro 2<sup>o</sup>, no Rio de Janeiro
- d) Pseudônimo utilizado por Paulo Coelho no início de sua carreira de escritor, quando, ainda jovem, se interessava por rock and roll e matemática

- 7** Considere um triângulo cujos lados meçam 3 cm, 6 cm e 2 cm.
- a) O perímetro é igual a 11 cm
  - b) A medida da área é  $A = (3 \cdot 6) / 2 \text{ cm}^2$
  - c) É um triângulo retângulo porque satisfaz a relação de Pitágoras
  - d) Esse triângulo não existe

- 8** Numa festa com 23 convidados, a possibilidade de que duas pessoas façam aniversário no mesmo dia é:
- a) 50% de chance
  - b) 23% de chance
  - c) Muito pequena:  $23/365$  (6,3%) de chance
  - d) Praticamente nula

- 9** Conta-se que Tales de Mileto, no século 6<sup>o</sup> a.C., mediu a altura da grande pirâmide de Quéops:
- a) Escalando seus 146 metros de altura
  - b) Usando fórmulas trigonométricas que só ele conhecia na época
  - c) Aplicando o teorema de seu compadre Pitágoras de Samos
  - d) Medindo a sombra da pirâmide

- 10** Duplicando o diâmetro de um círculo, a área do novo círculo:
- a) Duplica
  - b) Aumenta 3,14 vezes
  - c) Quadruplica
  - d) Aumenta 200%

Antonio José Lopes "Bigode", 47, é jornalista e doutorando em didática da matemática pela Universidade Autônoma de Barcelona. É professor e pesquisador do CEM (Centro de Educação Matemática) e autor da coleção "Matemática Hoje É Feita Assim", da Editora FTD. Ganhou o apelido quando entrou na universidade e seus filhos, até os sete anos, não sabiam seu verdadeiro nome.

## GABARITO

1.B) Al-Khwarizmi, nascido em Bagdá no século 9<sup>o</sup>, escreveu o "Al-jabr w'al-muqabalah", considerado o primeiro livro de álgebra.

2.A) O problema pode ser resolvido por meio de uma regra de três composta.

3.B) Todo banco cobra juros sobre juros. Aceite meu conselho: não tente deixar o saldo negativo para verificar.

4.B) A denominação "fractal" foi criada por Benoit Mandelbrot em 1975. A geometria fractal tem aplicação em ciências como a geologia e a biologia.

5.D) É suficiente virar o primeiro e o último cartão. Para verificar a proposição, não interessa saber o que está atrás da consoante ou do número ímpar.

6.C) Malba Tahan é o pseudônimo de Júlio César de Mello e Souza (1895-1974), que escreveu mais de 120 livros sobre matemática e literatura infanto-juvenil.

• Veja mais explicações sobre a resolução do teste no site [www.folha.com.br/sinapse](http://www.folha.com.br/sinapse)

7.D) Esse triângulo não satisfaz a desigualdade triangular. Tente construí-lo com canudos com as medidas dadas para confirmar.

8.A) Esse é um problema clássico de probabilidade. Chega-se ao resultado usando a probabilidade condicional para determinar a probabilidade de duas pessoas não fazerem aniversário no mesmo dia. Num grupo de 41 pessoas, a chance de fazerem aniversário no mesmo dia saltaria para 90%.

9.D) Considerando o paralelismo dos raios solares, Tales teria procedido do seguinte modo: foi até a extremidade da sombra projetada pela pirâmide e cravou seu bastão no solo bem na vertical. A altura da pirâmide e sua sombra são os lados de um triângulo retângulo, o mesmo acontecendo com o bastão e a sua sombra. Os dois triângulos são semelhantes.

10.C) Quadruplica. Experimente visualizar o que acontece com a área de um quadrado quando duplicamos seu lado.

## SE VOCÊ ACERTOU:

**0 a 4 respostas)** É provável que na escola você só tenha aprendido a fazer contas e a decorar fórmulas — e olhe lá. Vale aprender um pouco em "Educação Matemática: da Teoria à Prática", de Ubiratan D'Ambrosio (Papirus, 120 págs., R\$ 21,50).

**5 a 8 respostas)** Há muitas chances de que, além de ser bom de contas, você também pense matematicamente. Para ampliar seus horizontes sobre cultura matemática, leia "Exclusão e Resistência: Educação Matemática e Legitimidade Cultural", de Gelsa Knijnik (Artes Médicas, 139 págs., R\$ 29).

**9 a 10 respostas)** Você tem cultura matemática, o que é fundamental. Não basta conhecer os números e as contas, há que saber contextualizá-los e avaliá-los. Para saber mais sobre o assunto, leia "A Experiência Matemática", de Philip J. Davis e Reuben Hersh (Gradiva, 404 págs., R\$ 67,40), ou navegue no endereço [www.mat.uc.pt/~jalmeacs/index-f.html](http://www.mat.uc.pt/~jalmeacs/index-f.html).

## Contra a demagogia na escola

Um dos grandes divulgadores da ciência, o ministro da Educação de Portugal diz que uma turma entusiasta do politicamente correto está deixando de lado o conteúdo e o mérito

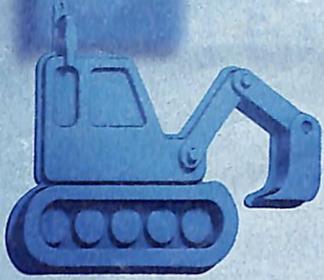
O matemático Nuno Crato, 61 anos, notabilizou-se por divulgar e traduzir para o cotidiano os grandes teoremas e equações — trabalho que o fez merecedor do cobiçado European Science Award, em 2008. Há dois anos como ministro da Educação e da Ciência em Portugal, ele comanda hoje uma radical reforma no ensino que se baseia em metas, avaliações e mérito. Mesmo antes, Crato já era figura conhecida e muito discutida por seus colegas da educação. É do ministro o livro *O “Eduquês” em Discurso Direto: uma Crítica da Pedagogia Romântica e Construtivista* — em que disseminou o termo “eduquês” para se referir à linguagem empolada e vazia adotada por uma ala de educadores. Lisboaeta que adora o Brasil, Crato falou a VEJA em uma de suas visitas ao país.

**O senhor provocou debate acirrado entre educadores do mundo todo ao afirmar que a escola moderna é vítima do “eduquês”. Por que o assunto causou tanto barulho? Minha crítica bate de frente com uma linha muito celebrada nas escolas de hoje. É uma corrente que dá ênfase excessiva às atitudes e à formação cívica do aluno e deixa em segundo plano o conhecimento propriamente dito. Pergunto: como investir em formação cívica se o estudante não consegue nem ler o jornal? Vejo vários educadores por aí se perdendo em uma linguagem hermética, dúbia e demagógica — que é o mais puro “eduquês” — para falar sobre seus objetivos difusos para a sala de aula. Essa turma não só resgata como radicaliza teorias do passado para combater falhas na educação que já tiveram eficiência amplamente atestada pela ciência. Alguns me acusam de ser insensível ao dizer tais coisas, mas sou um entusiasta do saber científico e desprezá-lo, a meu ver, só prejudica o ensino.**



“A ênfase na formação cívica do aluno relega o conteúdo a segundo plano. Mas como priorizar isso se ele não consegue nem ler o jornal?”

SÉRGIO BUTTI



Associado à  
**CAIXA**

TODOS OS CRÉDITOS PARA SUA VIDA.

# Banco PAN

Acesse: [www.bancopan.com.br](http://www.bancopan.com.br)

Chegou o Banco Pan.

a solução certa para você.

Seja sua casa, seu carro, a abertura do seu  
negócio ou uma viagem, o Banco Pan tem

de nenhum dos seus sonhos.

os financiamentos para você não abrir mão  
de crédito com cobertura nacional e todos

O resultado é uma solução completa

em crédito imobiliário.

e da Brazilian Mortgages, especialista

de negócios e investimentos da América Latina,

mais de 150 anos, do BTG Pactual, o hub

presente na vida de milhares de brasileiros há

União entre a solidez e o dinamismo da CAIXA,

O Banco Pan é a nova marca do PanAmericano.

**PARA UM BANCO,  
EXISTEM VÁRIAS  
MANEIRAS DE  
OFERECER CRÉDITO.  
O BANCO PAN  
TEM TODAS.**



**Quais boas práticas exatamente essa ala de educadores rejeita?** Muitos batem na tecla de que prova faz mal. Acham que ela submete o aluno a um alto grau de stress, sem necessidade. Vão aí na contramão do que afirmam os grandes pesquisadores. Eles já sabem que, ao ser questionada e posta a refletir sobre um conteúdo, a criança consegue absorvê-lo melhor, avançando no conhecimento. Também a disciplina é um ponto em que a condescendência e a leitura enviesada de velhas teorias ofuscam a razão. Esse grupo de educadores admite que o aluno pode ser no máximo incentivado a respeitar a ordem na sala de aula, mas nunca, sob nenhuma hipótese, ele deve ser forçado a fazer isso. Nesse caso, não é preciso de muita ciência para saber que o resultado final será muita bagunça e pouco aprendizado.

**No Brasil, mais da metade das escolas se define como construtivista. Isso é bom ou ruim?** Antes de tudo, é bom esclarecer que, embora muita gente não saiba, o construtivismo de hoje é uma interpretação livre da teoria sobre o aprendizado lançada pelo psicólogo Jean Piaget há um século. Para mim, sua vertente mais radical é um equívoco pedagógico completo. Ela se baseia na ideia de que o professor não passa de um mero “facilitador” do aprendizado — esse um termo muito em voga na linha politicamente correta. Soa bonito, mas é prejudicial ao ensino por derrubar pilares fundamentais.

**Quais são esses pilares?** Um mestre tem o dever de transmitir a seus alunos os conteúdos nos quais se graduou. E, sim, precisa ter objetivos bem claros e definidos sobre o que vai ensinar. É ingênuo achar que o estudante vai descobrir tudo por si mesmo e ao seu ritmo, quando julgar interessante. Quem de bom-senso tem dúvida de que, se a criança puder esperar a hora que bem lhe apetecer para mergulhar num assunto, talvez isso nunca aconteça?

**A neurociência vem mapeando os caminhos que a informação percorre no cérebro de uma criança até ser assimilada. As**

**“É ingênuo achar que o estudante descobrirá tudo por si mesmo e ao seu ritmo. Quem de bom-senso tem dúvida de que, se a criança puder esperar a hora que bem lhe apetecer para mergulhar num assunto, talvez isso nunca aconteça?”**

**escolas já começaram a fazer uso desse conhecimento?** Infelizmente, a grande maioria passa ao largo dessas descobertas. E isso as mantém congeladas no tempo, aferradas a pensamentos anacrônicos. A neurociência descobriu que é possível acelerar, e muito, o aprendizado de uma criança à base de incentivos permanentes. Isso tromba de frente com os principais postulados de Piaget. Ele acreditava que o processo de retenção de conhecimentos se dava por etapas muito bem definidas, divididas segundo as faixas etárias. Muitas escolas ainda se fiam nisso e perdem grandes oportunidades de fazer seus alunos dispararem. Outro problema comum é a demonização da decoreba por essas correntes que se autoproclamam modernas. A memorização não é descartável como querem fazer parecer.

**Em que medida a memorização pode ser útil?** Embora o construtivismo ingênuo pregue que a memorização prejudica a compreensão, os cientistas afirmam o contrário — que ela é essencial ao aprendizado. Isso porque tem o papel de automatizar certos raciocínios, ajudando justamente a fazer pensar melhor sobre questões mais relevantes e complexas. Numa operação básica de soma ou de

subtração, por exemplo, a criança não precisa a cada nova conta parar para refletir sobre por que passa o número 1 para cá ou para lá. Seria um desperdício de energia valiosa, que pode ser bem despendida nos desafios que verdadeiramente interessam.

**Afinal, o que deve ser memorizado por uma criança?** É importante decorar a tabuada, o nome e a localização de certos rios e cidades e as datas mais importantes no curso da história, ainda que elas não sejam precisas. Não há como o estudante não saber, no mínimo, que a independência do Brasil aconteceu no século XIX ou que Aristóteles viveu antes de César. Se ele se recusa a ter esses marcos básicos na cabeça e acha que pode sempre associar os fatos para chegar a uma resposta, está perdido. A experiência deixa claro que uma pessoa passa a fazer conexões cognitivas de muito mais qualidade e valor quando já detém um bom repertório de conhecimentos elementares. Não é preciso relacioná-los com o universo todo o tempo inteiro.

**Um pensamento muito em voga nas escolas modernas é o de que a criança só aprende de verdade aquilo de que ela realmente gosta. O senhor concorda?** Esse é um pensamento limitado. Veja o caso da leitura. Muitos educadores acham que para ler bem a criança precisa, antes de qualquer coisa, ser despertada para o gosto pela literatura. Só assim ela lerá muito e ganhará fluência, dizem. A neurociência lança uma luz interessante sobre essa questão, colocando-a exatamente ao avesso. Ela mostra que ter fluência na decodificação dos grafemas é crucial para ler bem. Em resumo: tem de se ler muito, mesmo sem gostar. O treino precisa ser permanente, exaustivo. Quanto mais automática se tornar a leitura, mais chances ela terá de ser prazerosa.

**O senhor se notabilizou pela divulgação da matemática, a mais temida e odiada das disciplinas escolares. Que caminhos sugere para torná-la mais atraente?** A fórmula que eu defendo não tem

# Tabuada on-line

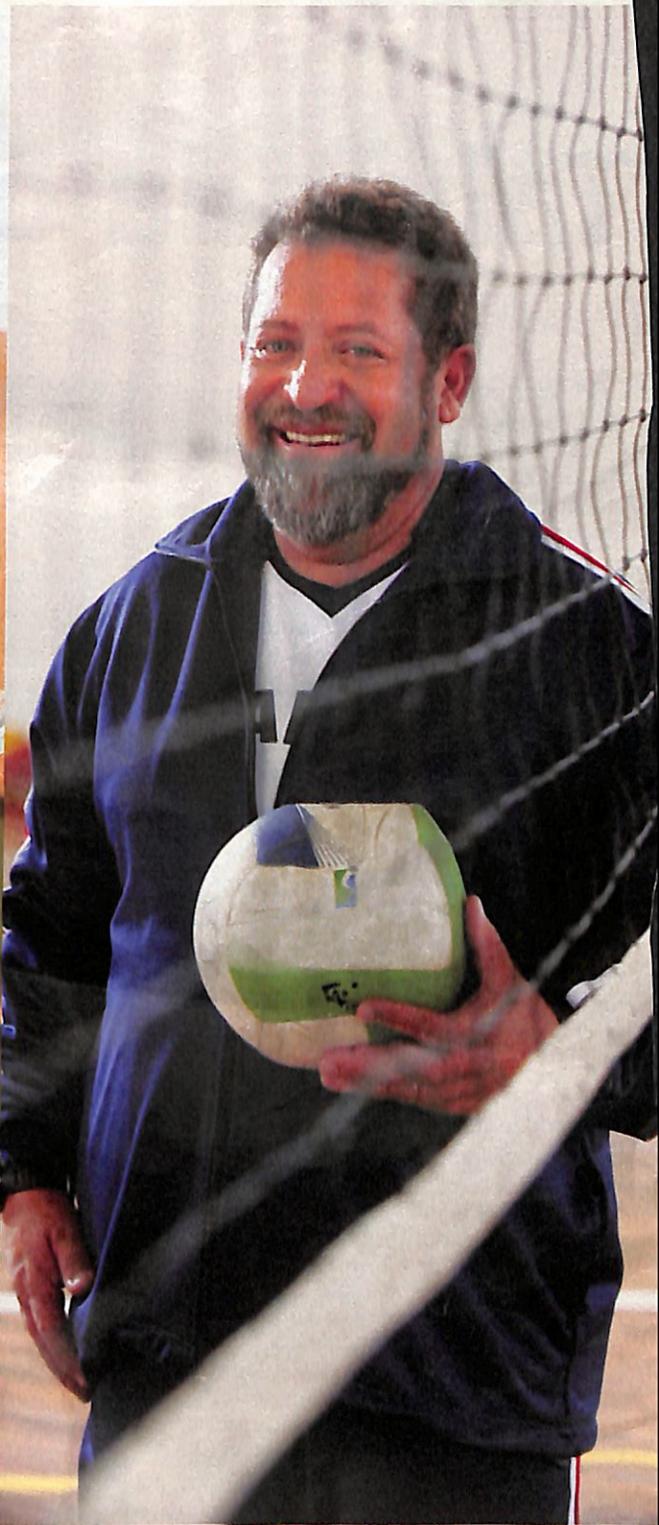
Os profissionais que fazem sucesso no mercado de videoaulas

Ao se formar, em 1998, em engenharia mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, César Medeiros começou a lecionar matemática e informática em colégios da capital. Acabou ficando conhecido como Nerckie, o personagem que criou nas aulas que veicula no YouTube desde 2003. O professor não aparece nos vídeos, mas a sua voz, asalada, que lembra a do comentarista esportivo Casagrande, e o modo de descomplicar os números o tornaram inconfundível para muitos alunos. O conteúdo está disponível no canal Vestibulândia (<https://www.youtube.com/user/nerckie>). Desde o início, cerca de 400 gravações já foram ali postadas, contendo lições que vão desde conceitos básicos da disciplina, como a tabuada, até assuntos mais temidos, como trigonometria e funções. O endereço contabiliza aproximadamente 1,5 milhão de acessos mensais. Graças a uma parceria com o YouTube, Nerckie fica com 55% da publicidade exibida antes de qualquer videoaula e hoje só se dedica aos seus pupilos virtuais. “Ganho mais do que as escolas me pagariam”, afirma.

Criado no fim de abril, o canal Curso Online Gratuito segue o caminho do Vestibulândia ([www.cursoonline-gratuito.org](http://www.cursoonline-gratuito.org)). Os responsáveis pelo serviço são professores do Colégio Pedroso e Oliveira, em Perdizes — Eduardo Lobello (biologia), Letícia Góes (português) e Clistines Melucci (física). Cursos pré-vestibulares tradicionais também investem nas videoaulas. Em seu portal na internet, o Anglo Vestibulares oferece mais de 400 vídeos a seus estudantes sobre questões de biologia, física, química e geografia. No Objetivo, professores de todas as disciplinas se revezam diante das câmeras para auxiliar os alunos na revisão do conteúdo passado em classe. ■

Medeiros, o Nerckie: tira-dúvidas sobre matemática





**Roberta Moretti Gomes** • 18 anos no Sabin  
Formada em Educação Artística pela Faculdade  
Belas Artes de São Paulo  
Professora e Assessora do Depto. de Arte  
prof.art@albertsabin.com.br  
Acredita que ensinar arte é apresentar aos alunos um mundo  
cheio de cores e oportunidades.

**José Roberto Ramalho Pinto (Falcon)** • 18 anos no Sabin  
Especialista em Ginástica Artística pela FEFISA  
Coordenador do Programa Sabin+Esportes&Cultura  
prof.esportes@albertsabin.com.br  
Acredita que no esporte o importante é ganhar. Ganhar  
experiência de vida e entender o verdadeiro significado  
de respeito e de companheirismo.

“Os alunos são diferentes entre si e por isso devem ser tratados de forma diferenciada. A utopia do igualitarismo, essa que muitos na educação defendem, só seria possível num único e não desejável cenário — aquele em que todos são medíocres”

de mirabolante. A maior parte dos estudantes repudia a matemática porque não consegue ultrapassar os obstáculos que ela vai colocando pelo caminho. Eles não entendem bem os conceitos, mas, ainda assim, o professor faz com que avancem na matéria. Assim, deficiências elementares acabam ficando para trás. É uma bola de neve. Numa disciplina como história, mesmo sem ter assimilado toda a narrativa sobre a colonização no Brasil, o aluno pode se embrenhar pelo capítulo da Revolução Industrial na Inglaterra. Mas na matemática não é possível progredir sobre uma base frágil e cheia de lacunas. Nessa área, o conhecimento é cumulativo — um depende do outro. Sem dominar a aritmética, não dá para passar à trigonometria. Se isso acontecer, e acontece muito, o estudo vai se tornar improdutivo e frustrante.

**O que falta então para um bom ensino da matemática?** Organização do conteúdo por parte dos professores e muito treino do lado dos alunos. O ensino deve ser progressivo, sem pular etapas e sempre reforçando o mais básico. Se for preciso, que se volte ao início. As sociedades hoje frequentemente não valorizam o conhecimento rigoroso, aquele que exige método, empenho e exercício para ser bem sedimentado. Achar que as crianças vão acabar aprendendo matemática por osmose. Mas elas não aprendem. As avaliações costumam ser impiedosas ao escancarar as deficiências. Na maioria das disciplinas, o aluno pode chegar à resposta certa por aproximação, mas na matemática é diferente. Não canso de repetir que também os pais têm um papel importante aí. No lugar de enfatizar a aversão aos números, eles devem, isto sim, reforçar a ideia de que a matemática é essencial para o crescimento de qualquer pessoa em qualquer área. Também podem falar com os filhos sobre a importância do esforço e do treino mental. Enfim, devem ajudar a consolidar em casa o valor e o objetivo do estudo.

**currículos muito detalhados costumam gerar resistências por parte de educadores que se dizem tolhidos em sua liber-**

**dade de ensinar. O senhor concorda?**

Sempre aparece uma turma para empunhar a bandeira da liberdade do aluno, dizendo que ele deve aprender sem as amarras de um currículo. Esse pessoal sustenta ainda que os currículos são um limitador da aula porque podam as asas do professor. Felizmente, em Portugal, são uma minoria. É verdade que, às vezes, o diálogo fica duro com os sindicatos. Reconheço seu papel de brigar por melhorias para sua própria classe, mas nem sempre eles têm colocado as questões fundamentais e inadiáveis do ensino à frente das outras que pouco interessam à sociedade.

**Que resultados a implantação da política de reconhecer e premiar as melhores escolas tem alcançado em seu país?**

As boas escolas recebem mão de obra extra de qualidade para que ajudem a consolidar o ensino de alto nível. Essas escolas conseguem assim dar reforço a alunos com mais dificuldade e apoiar os que estão prontos para evoluir em um patamar mais avançado. Sim, os alunos são diferentes entre si e por isso mesmo devem ser tratados de forma diferenciada. A utopia do igualitarismo, essa que muitos na educação defendem, só seria possível num único e não desejável ce-

nário — aquele em que todos são medíocres. Esse é ainda um tabu. Dizer que uma criança precisa de um apoio especial não significa que ela será excluída. Num outro espectro, os ótimos alunos também não devem ser escondidos, mas, sim, radicalmente incentivados a seguir em frente. É um fundamento básico da meritocracia, de eficiência provada no setor privado.

**Que princípios empresariais uma escola poderia adotar?** Toda escola pública deveria poder escolher quem contrata e quem demite, com base no mérito. É o que planejo para os próximos anos em Portugal. Visto como um todo, o modelo de gestão da educação do século XXI ainda faz lembrar muito o velho sistema soviético, em que um comitê central concentra todas as decisões. As escolas públicas precisam de mais autonomia para atrair os melhores cérebros e avançar mais rapidamente.

**A falta de dinheiro é sempre citada como um fator que impede a melhoria do ensino. O senhor concorda?** Acho que nossos desafios dependem menos de dinheiro e mais de objetivos claros, ambiciosos e de organização. Para avançarmos, precisamos formar mais e mais engenheiros, médicos e cientistas. As crianças devem ser despertadas desde cedo para o interesse por essas áreas. Não será à base do velho e empolado “eduquês” que conseguiremos dar o grande salto.

**Portugal ocupa apenas o 27º lugar entre os 65 países do ranking mundial de ensino da OCDE. Qual é a estratégia para melhorar?** As escolas portuguesas sempre se basearam em recomendações pedagógicas mais gerais e amplas do que propriamente em objetivos claros e organizados. Estou mexendo justamente aí, ao sistematizar metas de aprendizado ano a ano, matéria a matéria, no detalhe. Ter metas para a sala de aula é crucial para orientar não só os professores como também os próprios pais. Sim, porque, bem informados sobre os objetivos da escola, eles podem ir lá cobrar se um determinado conteúdo foi mal dado ou ficou para trás.

Respeite os limites de velocidade.



Saiba mais sobre o novo complexo automobilístico da Mitsubishi Motors, que proporciona experiências únicas e exclusivas de pilotagem para você. [mitsubishidriveclub.com.br](http://mitsubishidriveclub.com.br)

NOVO MITSUBISHI LANCER AWD. A SEGURANÇA E

Sistema Full Air Bags: air bags frontais, laterais, de cortina e para o joelho do motorista.

Sistema eletrônico AWD: mais aderência e segurança ao dirigir.

Transmissão automática INVECS-III CVT de 6 velocidades com paddle shifters.

Sistema Multimídia Power Touch com GPS integrado, em português, CD, DVD\*, MP3 player, conexão Bluetooth® e entrada USB para iPod.

Faróis bixênon e sistema direcional AFS, que acende um farol auxiliar para iluminar o trajeto durante as curvas.

Motor de alumínio 2.0L MIVEC de 16 válvulas com 160 CV.

# EM MATEMÁTICA

Quando o curso de pós-graduação de Matemática nesta universidade, quando, após cumprir diversos créditos, dando e a realidade em que vivem seus alunos da Rede Estadual, onde ingressou em 1977. "Eu queria era descobrir", diz ele. Hoje, Ronaldo orienta 227 professores, responsáveis por 254 classes, espalhadas por 60 escolas da 1.ª e orientador de Matemática. Aqui, ele conta o que já descobriu no seu trabalho.

## I CURRÍCULO OCULTO

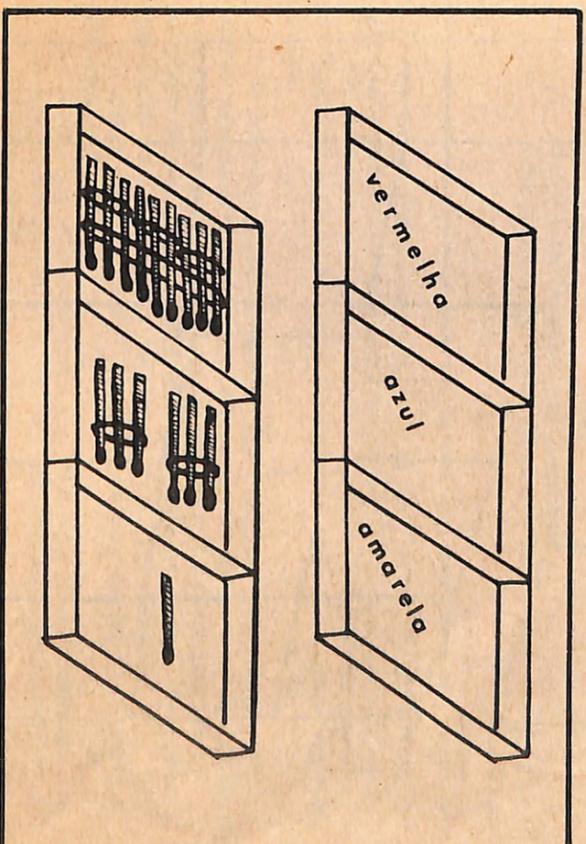
A escola, em geral, despreza toda a riqueza que a criança traz dentro dela. A criança é naturalmente questionadora, inteligente, perguntadora. Mas aos poucos ela vai sendo "cortada", "desbastada" pela escola, até que chega um ponto em que não abre a boca em sala de aula, não sabe mais nada. Mesmo aquela criança que mora à beira de uma avenida, numa favela, sabe que, dependendo da distância do carro que vem vindo em sua direção, ela tem de correr mais ou menos, quer dizer, ela é capaz de fazer uma estimativa da velocidade do veículo. Imaginemos uma outra situação para esta criança. Digamos que seus pais trabalhem fora e que tenha de tomar conta de seu irmãozinho. Pois bem. Ela sabe que para lavá-lo tem de misturar um caneco de água quente numa lata de água fria. No dia em que está cansada e por isto só traz meia lata de água fria da bica, por experiência, ela sabe que deve esquentar apenas meio caneco. Quando vai fazer a mamadeira do irmãozinho, que tantas vezes já fez, ela sabe que tem de usar duas colheres de açúcar. E se quiser fazer logo duas mamadeiras ela sabe, também, terá que usar quatro colheres. O que estou querendo dizer é que esta criança, quando chega à escola, traz já uma experiência, uma vivência matemática. No entanto, a professora que vive num ambiente de classe média geralmente valoriza apenas aquilo que faz parte desse ambiente: isto é, o livro, o lápis, a tesoura etc. Ora, a criança da favela nunca pegou num lápis e muito menos ainda numa tesoura. Sua mão é dura. Então, a professora ao desprezar suas experiências matemáticas concretas, práticas, está, de fato, desprezando o currículo que ela tem. Provavelmente, esta criança vai acabar na fileira dos alunos atrasados. E ao ver que a criança de classe média sabe pegar no lápis, sabe usar a tesoura, enquanto ela só sabe correr e carregar água, vai se sentir inferiorizada. E, o que é pior, quando ela falar "nois vai", a classe provavelmente, vai rir dela. Se a própria professora estimular o riso, ela então, certamente, assumirá diante da chacota uma atitude inteligente e digna: a de fechar a boca e não falar mais nada.

Agora, veja-se a consequência disso. Nós, professores, ao expormos para um grupo de alunos algo a respeito de um determinado tema em que não nos sentimos muito seguros, nós aprendemos um pouco mais. Isto é, nós elaboramos o nosso raciocínio mental através da fala. Se isto acontece conosco, que somos adultos, com as crianças, então, deve acontecer muito mais. As crianças devem falar desbragadamente na classe para formar suas idéias e elaborar seus raciocínios. Quando a professora inibe a criança da favela de falar — ela que fala errado, não sabe se manifestar na hora correta, não conhece uma série de temas — na verdade, está desestimulando-a a aprender.

Uma outra situação é a seguinte: a professora, geralmente, tem dentro de si a tendência de tratar por igual todos os seus alunos. Quer fazer da escola um veículo de ascensão social das crianças, dando a todas as mesmas oportunidades. Pois bem. Ao fazer isto, ela, na realidade, está dando um pé sobre a cabeça da criança de classe social mais baixa, impedindo a de classe social alta. Quer dizer, está accentuando as diferenças entre as duas crianças. Se ela quiser dispensar um tratamento verdadeiramente igualitário às crianças, deve fazer o contrário disso. Deve dar mais de si aos alunos mais pobres para nivelá-los por cima com aqueles alunos de currículo livre-co.

Enfim, a meu ver, o que a escola deve fazer é, apenas, dar continuidade à aprendizagem que a criança começou a ter quando, ao nascer, deu o seu primeiro berro. Ao chegar à escola a criança traz um currículo oculto, adquirido com o trabalho, em sentido lúdico, com material concreto. Essa manipulação de materiais concretos que a criança faz, não para aprender Matemática, mas para se divertir, a escola deve aproveitar no sentido do aprendizado que quer fornecer, isto é, no sentido de formação de esquemas e conceitos. O aluno vem para a escola com a experiência de acreditar no que apalpa e com a de descobrir através da manipulação. Essa experiência não pode ser cortada pela escola.

## II NUNCA TRÊS



Um dos jogos que nós fazemos com as crianças é o Nunca Três. Digamos que uma criança receba 13 palitos. Ela divide a página do caderno dela em 3 partes e as colore, cada uma de uma cor, digamos, de vermelho, azul e amarelo. Na primeira parte da página, digamos a vermelha, ela coloca os 13 palitos e começa o jogo, retirando a única regra básica: "não se pode deixar 3 ou mais palitos em nenhuma parte colorida da página". Cada vez que se formar um grupo de três palitos, ela deve arrastá-lo e passar para a parte colorida seguinte do caderno. Como há 13 palitos ela, naturalmente, arrasta quatro grupos de palitos e os coloca na parte seguinte, digamos a azul, do caderno. Ocorre que, como o número de grupo arrastados é maior do que três, ela deve retirar desta parte três grupos de três palitos e, amarrando-os novamente, formar com ele um único grupo maior. Este grupo maior passa então para a terceira parte colorida do caderno, a amarela. Ai, como não é possível formar mais nenhum grupo de três, a brincadeira acaba. Quando ela já está habituada com o jogo do Nunca Três, nós começamos a ensiná-la a brincar o Nunca Quatro, em que as amarrações são feitas com quatro palitos. Depois, ensinamos o Nunca Cinco e assim por diante até chegarmos ao Nunca Dez. E, quando a criança já sabe brincar com este último jogo, ela então está trabalhando com o conceito de número, dezena e até de centena. As crianças, em geral, aprendem estes jogos com um facilidade tão grande que que supera mesmo a nossa capacidade de acompanhá-las. As vezes, as professoras comentam comigo:

— Como as crianças fazem isto tão facilmente!

Para mostrar às crianças a importância de nós podermos contar de 10 em 10, como determina o nosso sistema de contagem, que é decimal, faço uma brincadeira. Coloco dois dedos de cada uma das minhas mãos sobre outros dois dedos e fico, assim, com seis garanchos nas duas mãos. Digo:

Se nós tivéssemos três dedos em cada mão, como os que eu tenho agora, nós contaríamos qualquer quantidade até seis e, depois, voltaríamos a contar até chegarmos a seis, novamente. Nós formaríamos "sestinas", e conseguiríamos contar todas as quan-

tidades usando este sistema de separação em grupos de seis.

Ai, faço meus dedos ficarem, normalmente, uns ao lado dos outros e prossigo:

— Mas, nós não temos apenas seis dedos nas duas mãos. Temos 10 dedos. Por isto é que tudo nós contamos de 10 em 10.

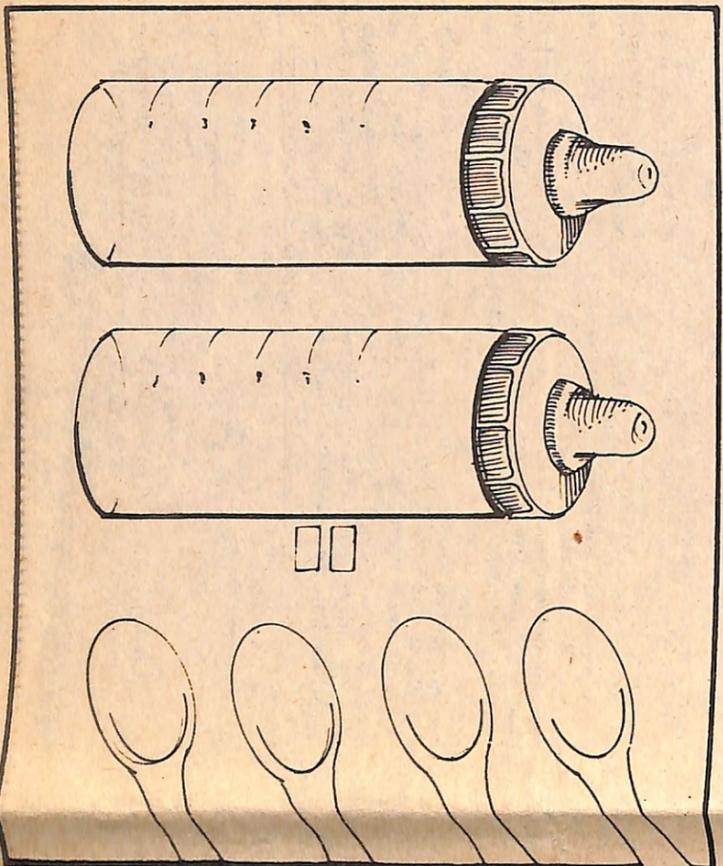
Em suma, o nosso sistema de contagem é decimal por causa de uma contingência física nossa, não é algo espontâneo. Acho que mesmo muitos adultos não têm consciência disso.

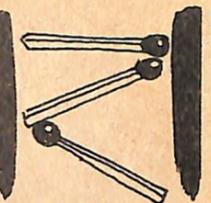
A partir deste trabalho com materiais concretos, a professora passa, em seguida, a trabalhar com desenhos elaborados pelas próprias crianças. A professora dá, digamos, o símbolo 7 para a criança. Ela, então, tem que fazer 7 desenhos. Os desenhos que elas fazem são os mais incríveis. E preciso conversar com elas para descobrir o que desenharam.

Durante esta primeira fase do aprendizado, em que trabalham com símbolos e significados, e símbolos e quantidades, as crianças, concomitantemente, vão começando também a trabalhar com classificação. Inicialmente, elas pegam objetos diversos e vão separando-os por critérios que elas próprias estabelecem. Ela pode achar que estes objetos devem ficar separados daqueles porque são maiores, por exemplo. Aos poucos, a professora vai introduzindo critérios objetivos, como quando diz:

— Separem pela cor.

A classificação é importante para que pela vida afora, no futuro, a criança possa perceber as estruturas matemáticas. Aliás, na própria sequência numérica há uma estrutura classificatória de ordem, seqüência etc. A professora fornece um motivo. Digamos, coloque duas filhas de alunos, colocando uma menina ao lado de um menino. As crianças organizam então as duas filhas, de acordo com o sexo dos alunos que a professora escolheu. Depois, a professora dificulta um pouco. Ela coloca outras três filhas, colocando um menino sentado e duas meninas de pé. E as crianças organizam o resto das filhas. Mais tarde, no pátio as crianças continuam a brincar com este tipo de seqüência, usando folhinhas de árvores. Colocam uma folhinha comprida ao lado de outra curta, ou, então, uma folhinha espinhosa, ao lado de outra, lisa. E fazem as filhas.

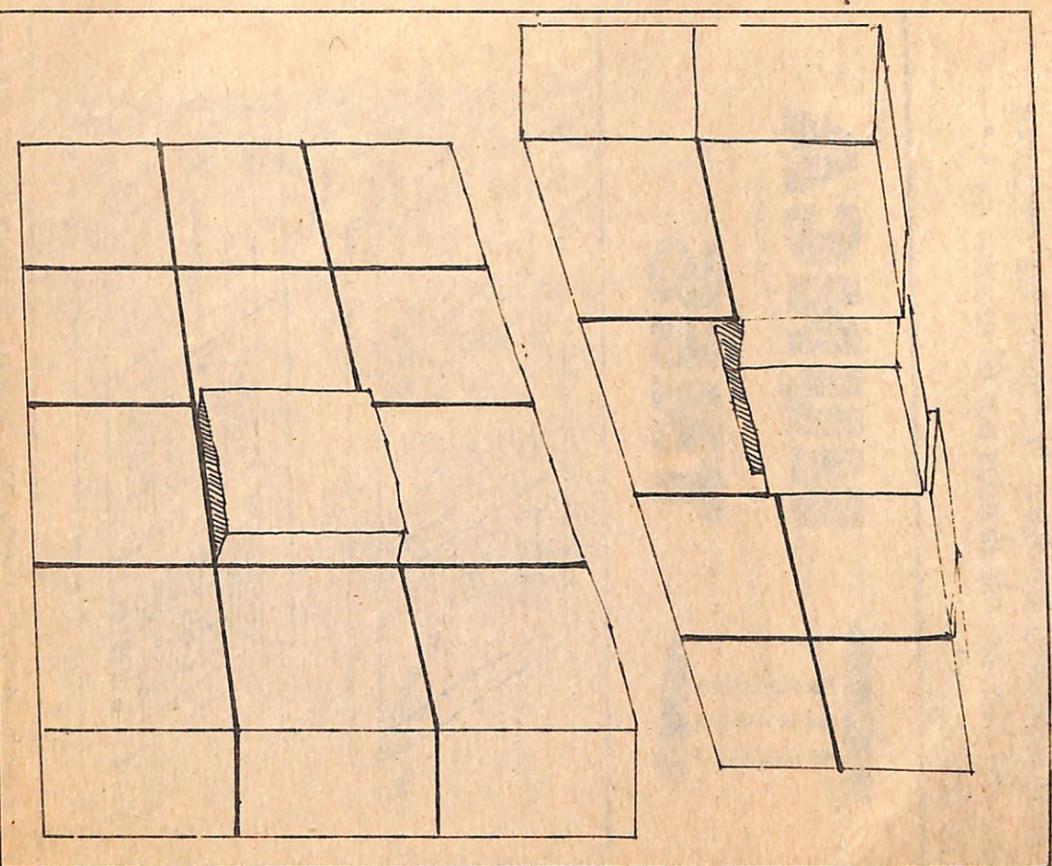




# 7 MAIS 7



# AS BARREREIRAS



**N**a 1.ª série, o aluno deve aprender, fundamentalmente, adição dos números menores de 10. Além disso, nesta série, as crianças devem passar a entender o sistema de numeração decimal, isto é, que dez unidades formam uma dezena. Depois, com facilidade, ele vai entender que 10 dezenas formam uma centena. A nossa proposta é a de que as crianças da 1.ª série trabalhem apenas com adição e multiplicação porque a multiplicação é, na verdade, uma adição. Quando se faz 3 vezes 7, o que se está fazendo é 7 mais 7 mais 7. Já a subtração tem propriedades que a adição não tem. Você faz 7 mais 3 e pode concluir que isto é igual a 3 mais 7. Mas, se você faz 7 menos 3, isto não é igual a 3 menos 7. Então, quando você está trabalhando com as propriedades da adição, você já está trabalhando, também, com as propriedades da multiplicação. Passar da adição para a multiplicação é o processo natural.

A primeira atividade com adição que a criança faz é chamada "os muros". Na falta de barrinhas de madeira, ela trabalha com tiras de cartolina. Cada tirinha tem um tamanho e uma cor própria. A cartolina de número 9 é 9 vezes maior que a de número 1. As crianças, rapidamente, associam a cor ao tamanho de cada tira. A criança separa a tira do 5, que é amarela. Então, a professora pede que ela ache duas outras tiras que colocadas uma ao lado da outra tenham o tamanho da tira que ela separou. Elas colocam estas duas tiras, digamos, as de números 2 e 3, sobre a de número 5 e vê que cabem exatamente no espaço dela. Depois, a professora pede que ela ache outras duas tiras para cobrir o espaço das duas primeiras que ela achou. Ai, a criança junta a tira de número 4 e a de número 1 e vê que as duas, também, correspondem à tira de número 5. Depois disso tudo, a criança escreve no caderno aquilo que ela fez. Escreve que o número 5, é igual a 2, mais 3 e a 1 mais 4. Com isto, ela já está trabalhando com a chamada propriedade comutativa. Assim, a criança percebe os fatos fundamentais da adição a partir do seu trabalho com um material concreto. Isto é diferente do que acontece usualmente. O comum é a professora escrever o número 8 na lousa, fazer todas as somas possíveis que dão 8 e o aluno copiar-las

em seu caderno. Este aluno vai acreditar que 3 mais 5 é igual a 8 da mesma maneira como ele acredita que foi Cristóvão Colombo quem descobriu a América. Ele acredita porque a professora disse isto. Quando, no entanto, trabalha com as tirinhas, ele "vê" que 3 mais 5 é igual a 8.

Na 2.ª série, a criança já está mais amadurecida. Suas estruturas mentais estão mais receptivas. Então, ela já tem condições de aprender uma operação mais complicada como a subtração. No ensino da subtração há três idéias principais: uma aditiva ("quanto é preciso colocar no 3 para chegar a 7?"), uma subtrativa ("quanto é preciso tirar do 7 para obter 3?") e outra que eu chamaria de complemento de diferença de comparação. Esta última é a seguinte: se você comparar dois números e, depois aumentar ambos com a mesma quantidade, a diferença entre eles permanece a mesma, isto é, 7,3 é a mesma coisa que 17,13. A professora lido trabalhar com o conceito de subtração dentro destas três idéias (aditiva, subtrativa e de complemento de diferença de comparação) está fornecendo às crianças subsídios para que, mais tarde, ela possa empregar de uma maneira simples, as técnicas operatórias. Para isto, sempre insisto com as professoras lido que é mais importante para a criança aprender o que é subtrair do que apenas aprender a fazer a conta de "menos". É mais importante para ela, também, aprender o que é multiplicar do que aprender a fazer a conta de "vezes". E assim por diante. Vou dar um exemplo de como a idéia de complemento de diferença de comparação pode simplificar uma operação. Digamos, a criança tem que fazer 107 menos 19. Se ela somar 1 a 107 e 1 a 19, fica com 108 menos 20. Esta é uma operação mais simples e tem o mesmo resultado da primeira.

Algumas professoras lido ensinam as crianças a fazer a subtração de baixo para cima, isto é, a tirar o número menor do maior, outras ensinam a subtração de cima para baixo, isto é, a ver quanto falta no menor para chegar ao maior. Em geral elas se dividem entre as que ensinam desta maneira e as que ensinam daquela. Se alguém perguntar a um professor lido qual é a maneira correta de fazer subtração, talvez ele nem saiba que existem as duas maneiras.

tem dos palitos, dos desenhos, das tiras de cartolinas, podemos usar outros tipos de materiais na alfabetização de Matemática. Na zona rural, as crianças usam aquelas sementes maravilhosas na contagem e na formação de grupos. Há cerca de 130 atividades, em que estes materiais são usados, propostas pela CENP. Nelas a classificação, a adição, a multiplicação, a numeração decimal e outros temas se misturam com Geometria. Por exemplo, uma das primeiras atividades de Geometria que as crianças têm é a de colocar caixas pequenas em avalliar o maiores, para que aprendam a avalliar o espaço e a usá-lo de diversas maneiras. Isto vai ajudá-las, depois, quando tiverem de trabalhar com figuras planas, com triângulos, retângulos etc. e precisarem saber o que é área e superfície. Nesta atividade nós usávamos caixas de pasta de dente e de sapatos. Mas, havia muita dificuldade porque nem todo mundo usa estes produtos. Então, algumas professoras me disseram:

— Ahi Nós não precisamos usar caixas. Podemos usar latas. A lata de massa de tomate cabe dentro da devilha, que por sua vez, cabe dentro da de óleo. E estas latas nós encontramos a torto e a direito, pelas ruas.

Outras professoras disseram: — Os supermercados vendem, por um preço bem baratinho, jogos de bandejas de papelão em que há uma bandejinha pequena que se encaixa na outra maior.

Houve, ainda, uma outra sugestão que as professoras deram para esta atividade. Elas disseram: — Nós podemos arranjarr cartões e envelopes de diversos tamanhos. Cada cartão cabe dentro de determinado envelope. As crianças recebem os cartões fora dos envelopes, misturados e vão ter de colocar o cartão  $x$  no envelope  $y$ , correspondente.

Assim, a atividade foi enriquecida nesta criação coletiva das nossas professoras feita a partir da sugestão do lido da CENP.

É claro que para se realizar estas atividades em que se manuseia materiais concretos é preciso organizar as classes de alunos de uma determinada forma, embora seja possível também se pensar em cada aluno trabalhando individualmente em sua carteira, supervisionado pela professora. A nossa recomendação, no entanto, é que as professoras estimulem o trabalho em grupos e que leva ao uso coletivo de materiais e à colaboração. O ideal seria formar grupos de 5 crianças, com o que, numa classe comum, se teria de 7 a 8 grupos. Segundo as próprias professoras, coisas que elas não conseguem explicar para determinada criança a colequinha dela consegue. Parece que a explicação que muitas vezes a criança não entende quando vem da professora, ela aceita e compreende, quando vem de outra criança. É comum uma criança perguntar a outra sobre algo que a professora disse e ela não entende. Elas conversam entre si e uma auxilia a outra. Além disso, quando uma criança empresta à outra um determinado material, ela está também desenvolvendo o sentimento de solidariedade, enquanto que, quando trabalha sozinha, dentro de uma filosofia de "cada um por si mesmo", o sentimento que desenvolve é o de individualismo.

Agora, é preciso prevenir, no primeiro dia em que as crianças vão trabalhar em grupos, a classe vira uma loucura completa. As professoras ficam desespertadas. Já estive numa ocasião desta, numa classe e foi um verdadeiro pandemonio. A professora e eu passamos

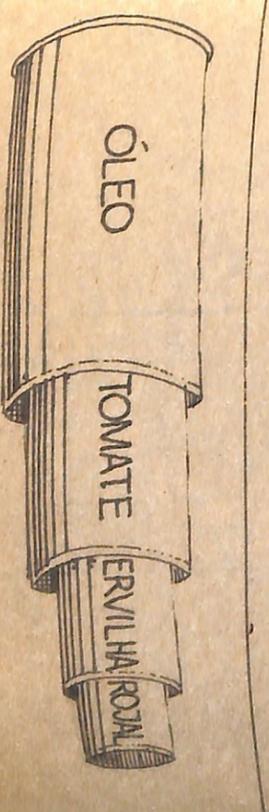
juntos, ali, uma meia hora bem dura, antes de conseguirmos controlar o ambiente. Mas, aos poucos, as próprias crianças vão percebendo que é preciso esperar a vez do outro e ter certa organização. Elas compreendem que se estão fazendo um jogo agora, quem vai fazê-lo, depois, serão outros, e assim por diante. Quer dizer, percebem que, sem certa sistemática, o jogo não dá certo. Com a repetição dos trabalhos em grupo, as crianças vão se acostumando tanto a ponto de eu ter presenciado a seguinte cena: uma criança estava berrando com outra que, então vira-se para ela e diz: — Você não precisa falar tão alto. Eu não sou surdo. Estou te ouvindo. Fale mais baixo.

E, de fato, naquela classe, eu e a professora estávamos conversando normalmente. As crianças, também, conversavam. Havia aquele burburinho comum de conversas, mas não existia, a necessidade de berrar para se fazer entender.

Este jeito de trabalhar implica, naturalmente, numa forma de avalliação, também. A professora percorre os grupos e passa a observar aluno por aluno. O aluno vem conversar com ela e pelo grau das dificuldades que ele está sentindo, pelo nível das perguntas que faz, a professora sente se ele está avançando ou não. Ela pode perceber aquele aluninho retraído, que não está se integrando. Pode conversar com ele para saber o que está acontecendo. Assim, a professora para dar um conselho, não usa apenas o instrumento de avalliação comum: a prova. Ela pode até fazer a prova, mas não se baseia somente nela. Se uma professora trabalha durante 29 dias do mês com seus alunos, por que vai parar o que está fazendo, no 30.º dia, para observar o desempenho deles? Pode acontecer que exatamente neste dia, por algum imprevisto, ela pegue o aluno num dia mal. Se esta professora observa os seus alunos sempre, tem condições de, eventualmente, dizer: — Esta provinha não está mostrando realmente a potencialidade que este meu aluno tem.

É claro que, como acontece todas as vezes nas quais começamos a refletir sobre aquilo que estamos fazendo e decidimos começar alguma coisa nova, este tipo de trabalho que estou descrevendo, encontra muitas barreiras. Nem tudo é um mar de rosas para a professora que quer trabalhar com materiais concretos, dividindo seus alunos em grupos. Começa que, se a professora tem mais de 35 alunos, este tipo de trabalho já se torna muito desgastante. Além disso, se ela tem duas turmas, uma de manhã e outra à tarde, o trabalho fica igualmente muito cansativo. Depois, há escolas onde as cartelas são pregadas no chão. Como, então, ela poderia formar grupos? Algumas professoras levam seus alunos para trabalhar no pátio da escola. Mas, há diretores que não gostam que seus professores tirem os alunos das classes. Há até mesmo colegas que ficam enciumados de verem a professora lido trabalhando no pátio, com uma turma de alunos ativos. Estes colegas perguntam à professora: — Na sua classe só há botafazinho, semente e bagunça? Quando é que você vai começar a trabalhar?

E, há, ainda, os pais que dizem: — No ano passado o meu filho tirava lições no caderno para fazer em casa. Agora ele vem com elástico, desenhinho, palito de fósforo. Quando é que ele vai começar a aprender Matemática?



Debate

# A AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

## UM INSTRUMENTO POLÍTICO ILEGÍTIMO

**Delza Maria Frare Chamma,**  
Diretora da  
EEPG Profa. Neli Helena Assis de Andrade,  
Campinas

endo em Educação Democrática, n.º 11, as reflexões da Coordenadoria de Recursos Humanos do Estado, CRHE, sobre "Avaliação de Desempenho" considero-me obrigada enquanto diretora e conseqüentemente, educadora, a posicionar-me perante as reflexões ali colocadas.

Inicialmente, causa-me estranheza qualquer órgão de um governo democrático legitimar um instrumento político, criado por um governo altamente centralizador e autoritário, com a finalidade latente de desunir toda uma categoria de funcionários.

A ideologia inerente nos "conselhos" propostos aos avaliadores e avaliados, se não se caracteriza pela ingenuidade, o faz pela total falta de uma postura crítica e política, que ultrapasse o nível do discurso.

Senão vejamos, — "Avaliador, conceda privilégios com Justiça, como prêmio pelo desempenho". — Conceder, significa doar; privilégios, significa dar algo a alguém, em detrimento de outros; e prêmios, já nos diz o pouco de psicologia que conhecemos, que têm efeito temporário no reforço das respostas que queremos, e nem sempre as respostas que queremos são as verdadeiras. Ai caberia toda uma discussão filosófica sobre a VERDADE, que não é assunto deste nosso artigo.

Por outro lado, "Conceder privilégios com justiça"... A contradição aí parece aflorar com muita clareza. Em qualquer linha de raciocínio que escolhermos, privilégios e justiça se nos afiguram como coisas incompatíveis.

A sequência dos conselhos, continua nesse nível, quebrada pela colocação de "Lembretes Importantes", entre os quais — "Procurem negociar os conceitos, conforme suas necessidades". Negociar conceitos? É realmente isso que se pede aos avaliadores?

Nós, educadores, devemos considerar que a Educação de tão elástica que é, deva ser negociada, conforme "nossas necessidades"? Necessidades de quem? Dos chefes? "Não devemos aceitar "rodízios" ou "sorteios"... Compreende-se essa preocupação. No entanto, através do "rodízio", promoveríamos, em dois anos, todo o pessoal de nossas escolas, motivando-os para um desempenho mais efetivo.

Considero o artigo da CRHE incompatível com qualquer postura democrática. Qualquer análise política deverá desembocar na ilegitimidade desse instrumento enquanto "Avaliação de Desempenho". Que se mantenha a Evolução Funcional como conquista da categoria e a cada dois anos, promova-se a todos de uma Organização.

Avaliação de Desempenho significa dar condições à Escola Pública a fim de que o desempenho de cada um dos envolvidos afluja, livre das angústias que caracterizam o dia a dia do educador.

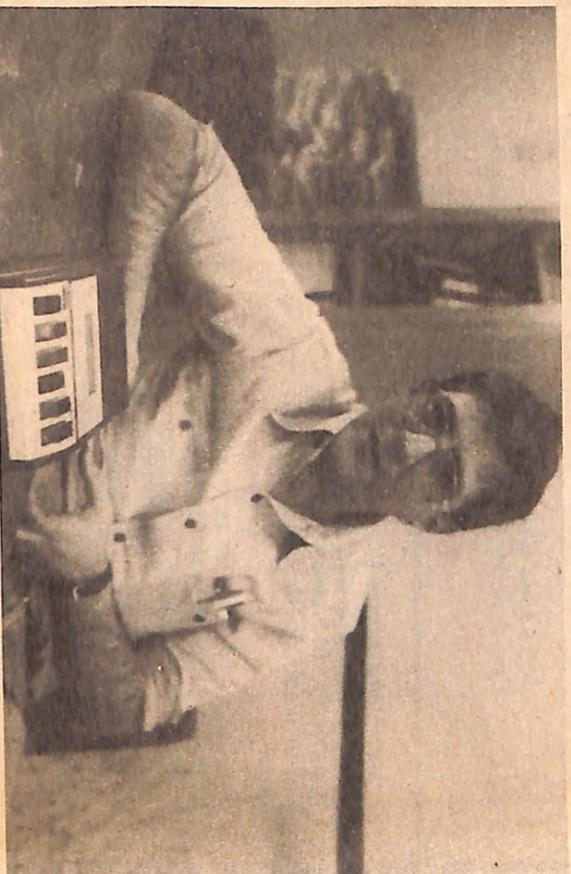
A verdadeira Avaliação de Desempenho se dará quando a relação professor-aluno estiver efetivamente estabelecida e o ato de aprender prepondera sobre os demais. Isso acontecerá quando nós, educadores, avaliarmos nosso próprio desempenho, dentro de uma política educacional claramente definida por um Estado e um País comprometidos com a Educação.

Nesse momento, Conselhos e Lembretes Ideológicos, que tentam legitimar instrumentos de "concessões de privilégios" ou prêmios, serão desnecessários, posto que substituídos pela dignidade profissional do educador, em uma escola pública, efetivamente respeitada.

# ALFABETIZAÇÃO

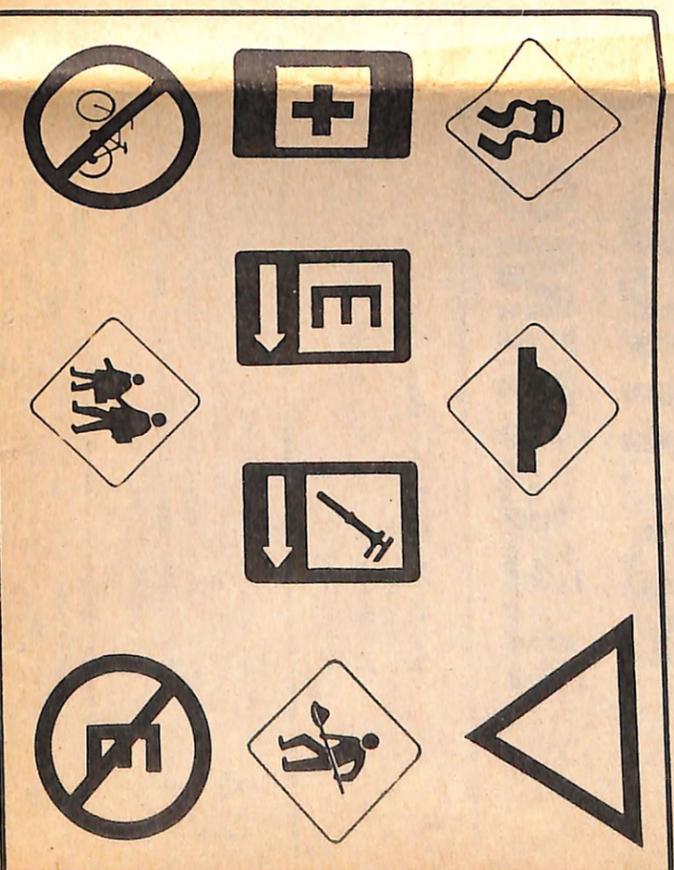
Experiência n.º 15

Relator: Ronaldo Nicolai, monitor de Matemática  
Unidade Administrativa: 1.ª Delegacia de Ensino, Campinas  
Edição, gravação e fotos: Oswaldo Coimbra



Formado pela UNICAMP, Ronaldo Nicolai abandonou a ideia de uma ligação entre aquilo que estava estudando e as crianças aprendem a se interessar por Matemática. Delegacia de Ensino de Campinas, da qual ele é monitor.

## OS SÍMBOLOS



Elas responderam:

— É de fulano.

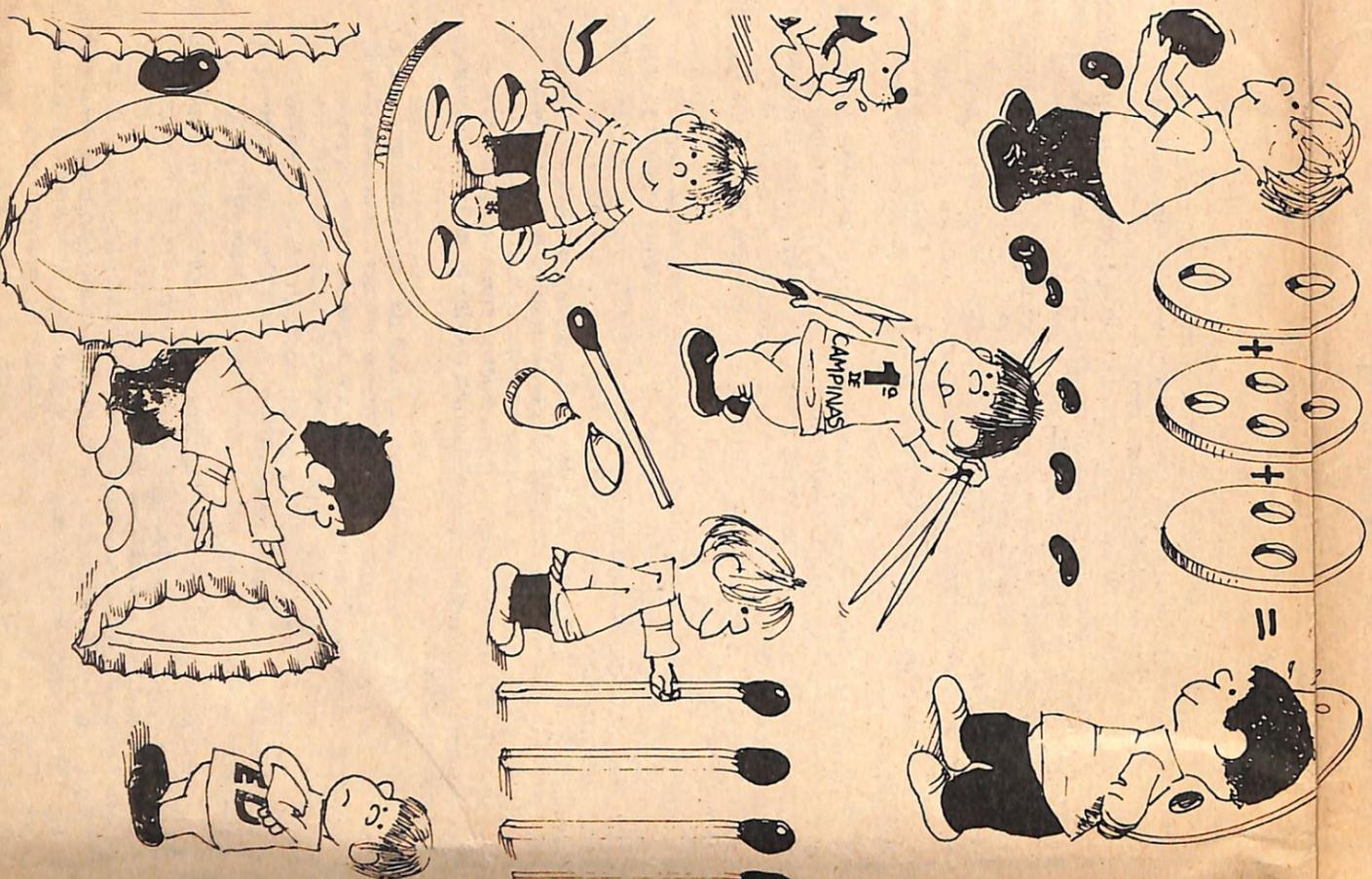
**P**ara todos nós, monitores de Matemática, alfabetização era a tarefa executada pela professora I dentro da disciplina Língua Portuguesa, que consistia em ensinar as crianças a ler e escrever. Nas nossas reuniões na CEN, no entanto, começamos a racionar sobre isto e fomos vendo que o trabalho de alfabetização tem muito a ver conosco, também. Num certo sentido, nós, professores de Matemática, também, alfabetizamos as crianças dentro de uma linguagem mais universal. Uma professora, ao ensinar as crianças a entender a simbologia dos números está fazendo, de fato, uma alfabetização em Matemática. A criança, por exemplo, é levada a entender que o símbolo 5 significa determinada quantidade. No entanto, ela olha para o 5 e não vê nele esta quantidade. Surge, então, a necessidade de ensinarmos o que é um símbolo.

Inicialmente, pedimos a elas que escolham algo que signifique elas próprias. Cada uma deve desenhar num cadotinho um bichinho, uma florzinha, enfim, algo que a simbolize. E elas, que não sabem ainda escrever seus nomes, fazem isto. Há algum tempo, um aluno de um bairro afastado de uma escola aqui de Campinas, fez para si um desenhinho esquisito, que parecia uma barata. Perguntei a ele que aquilo era. Ele respondeu: "isto aqui é um caminhar de água".

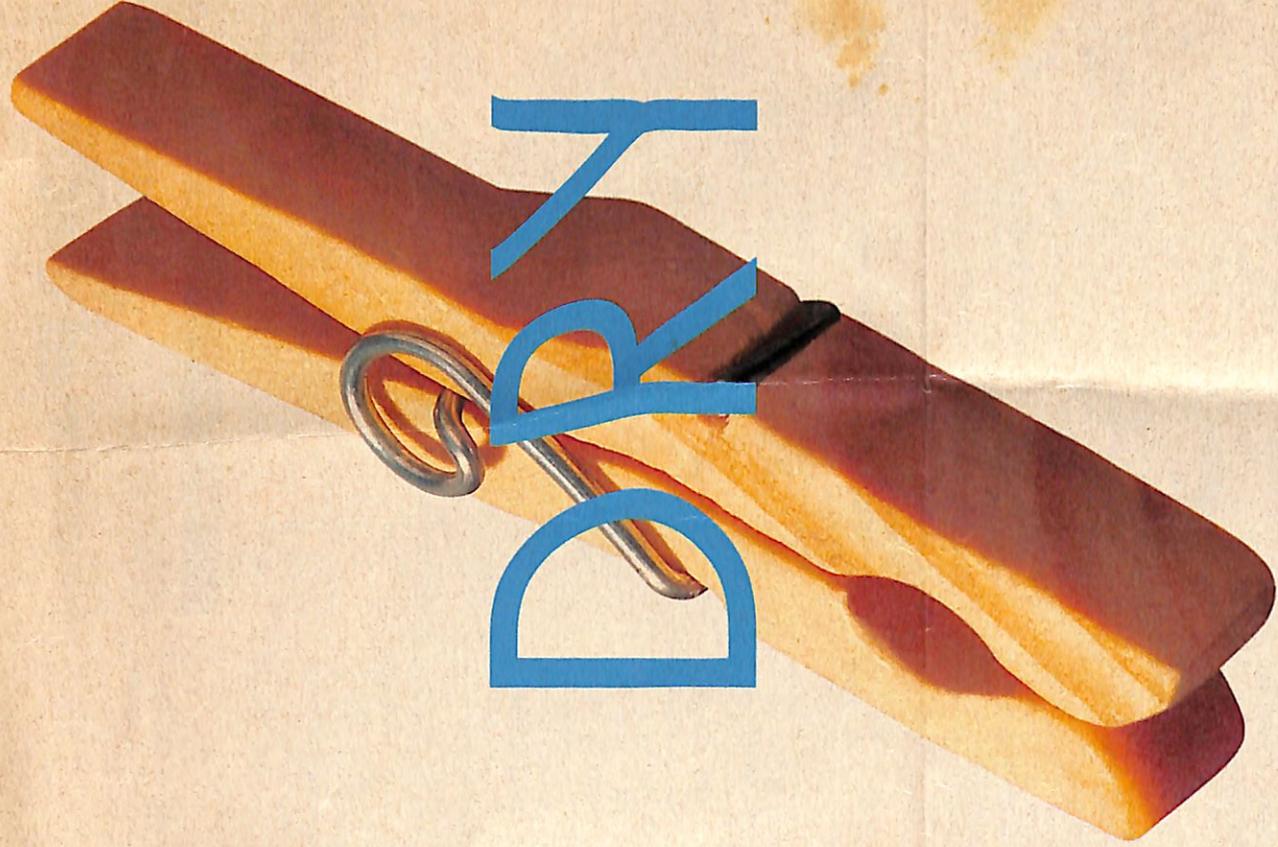
Depois, conversando comigo explicou que como as ruas do seu bairro vão de terra, quando há muito calor, de vez em quando, a Prefeitura manda para lá um caminhar de água para molhá-las. As crianças ficam atrás do caminhar, vendo a água cair. E ele gostou tanto daquilo que escolheu o caminhar para ser o seu próprio símbolo. As crianças nunca esquecem o símbolo das demais. Quase sempre têm nenhuma explicação pausável para a escolha que as outras fizeram, mas, como no caso daquele menino, os seus próprios símbolos elas sabem aplicar. Com os seus símbolos elas fazem crachazinhos que pregam no peitoral, o erguemos diante da classe e perguntamos: "De quem é este símbolo?"

— De quem é este símbolo? — É de fulano.

Dizem isto com uma precisão fantástica. Esta é a primeira atividade que fazemos para que entendam o que é um símbolo. Depois, nós trabalhamos com placas de trânsito, emblemas de times de futebol, logotipos de canais de TV etc. O que, por exemplo, nós fazemos com as placas de trânsito? Não dizemos para as crianças o que significam as placas. Elas é que têm de descobrir. Na verdade, poucas crianças sabem o significado de um E riscado. Elas inventam as histórias mais incríveis. Depois, nós pedimos que levem os símbolos de trânsito para casa e procurem encontrá-los nas ruas. Pedimos que pesquisem junto aos seus pais, a seus amigos, o que eles querem dizer. Uma coisa que nós aprendemos no nosso trabalho foi que essa atividade só dá certo nas escolas de zona urbana. Nas de zona rural, onde o próprio trânsito de veículos é diferente, precisamos introduzir nesta atividade certa diversificação. Alguém pode perguntar: mas, afinal, que relação existe entre todas estas atividades e a Matemática? Vejamos: tradicionalmente as crianças comemam aprendendo a escrever de 0 até 9. Elas vão escrevendo, 0, 1, 2, 3, 4, 5 etc. como se estivessem escrevendo a, e, i, o, u. Para elas isto é uma tarefa rotineira, chata, que não entendem por que devem fazer. O esforço, portanto, que deve ser o de fazê-las entender o que os símbolos numéricos significam. A diferença entre ensinar a entender um número e uma letra é a seguinte: no caso das letras a e b, por exemplo, para reproduzi-las a criança precisa aprender a pronunciar os seus sons. No caso do número 5, para reproduzi-lo a criança precisa fazer algo mais: tem de contar. Se a criança não manipular algum material concreto, nesta contagem, não vai entender o significado de 5. A noção de número tem de ser vivenciada pela criança para que ela aprenda. O melhor professor do mundo não vai conseguir explicar na lousa, em uma aula, para uma criança que tenha aprendido há pouco na escola, o que é a Matemática de 1 a 9. Neste sentido, a Matemática é uma das áreas que mais exige a participação do aluno, portanto, é, forçosamente, democrática.



Original  
Jeans  
Since  
1975.



SA  
BA





# É só o país querer

**Marcos Sá Corrêa** **Opinião**

**Pesquisa sobre o ensino de matemática e ciências derruba mitos da educação**

**O** Brasil corre o sério risco de se globalizar em quase tudo, menos no que interessa. Agora mesmo ficam os reitores ruminando a polêmica sobre a conveniência do provão do MEC nas universidades, enquanto o mundo digere os resultados do Terceiro Estudo Internacional de Matemática e Ciências. Trata-se de um teste para avaliar o que as escolas conseguem enfiar de essencial na cabeça de seus alunos, antes de atirá-los numa economia em que a fronteira entre ricos e pobres se mistura cada vez mais com o divisor de águas da qualidade do ensino. Participaram adolescentes de 13 anos em 41 países, inclusive Kuwait, Lituânia e Chipre. A África do Sul classificou-se em último lugar. A América Latina garantiu o penúltimo, graças à Colômbia. O Brasil não entrou no teste.

Mesmo fora do placar, os brasileiros deveriam dar um pouco de atenção a seus resultados, que mereceram a capa da revista inglesa *The Economist*. Não é todo dia que se vê um mapa-múndi organizado segundo provas de matemática, em que o primeiro país é Cingapura e os Estados Unidos, o vigésimo oitavo. Nele, encontrar a Coréia do Sul em segundo lugar, o Japão em terceiro e Hong Kong em quarto parece confirmar o que se ouve dizer dos Tigres Asiáticos. Mas, para complicar as coisas, também estão bem colocados países que despencaram recentemente do comunismo, quando a União Soviética caiu aos pedaços. A República Checa, por exemplo, ficou com o sexto lugar em matemática e o segundo em ciências. A Eslovênia está muito acima da França nas duas tabelas. A Bulgária ganha da Inglaterra. Tudo isso contraria décadas de teoria educacional. Eis as crenças que balançam:



ELIZABETH TOGNATO

■ Os governos que melhor educam são os que gastam mais dinheiro com as escolas. Alguma dúvida? Sim, muitas. Nos testes, há países remediados com sistemas educacionais melhores que os ricos. Coreanos e checos dispararam à frente dos Estados Unidos com um orçamento por aluno três vezes menor que o americano.

■ Turmas pequenas funcionam melhor do que as grandes? Não parece, porque as escolas orientais entopem suas salas de crianças e apesar disso elas aprendem mais do que as francesas ou inglesas em classes limitadas a vinte alunos.

■ Nem sequer a carga escolar mostrou ser decisiva. Os meninos da Nova Zelândia, com suas longas horas de aula, praticamente empataram com os noruegueses, cujo ano letivo é muito curto.

Sem esses mitos por cima, vislumbra-se uma boa notícia: o que dá resultado comprovado em educação é a escola que aplica com modéstia, perseverança e rigor velhos métodos de ensino. E isso, se quiser, até o Brasil pode ter.

sendo observadas medidas que objetivam facilitar o dia-a-dia dos portadores de deficiência física no Rio de Janeiro, elas se tornarão ineficazes caso as autoridades não tomem medidas enérgicas contra aqueles que insistem em desrespeitar as regras.

*Celia Vaz*  
Rio de Janeiro, RJ

## Lei Rouanet

Sobre a reportagem "Além do dinheiro" (7 de maio), é importante que se divulguem tanto os benefícios como os desacertos do uso da Lei Rouanet, que, no final das contas, acaba beneficiando empresários já bem-sucedidos na área do show business.

*Angela Brant*  
Rio de Janeiro, RJ

## Claudio de Moura Castro

Os presentes recebidos pelo professor, de pouco valor comercial e grande valor simbólico, são repletos de características que distinguem o doador e o indicam como alvo de discriminação, expressam o estado de graça em que nós, pessoas comuns, ficamos quando vencemos obstáculos intransponíveis, conforme os mesmos "critérios vigentes" (Ensaio, 7 de maio).

*Risalva Vasconcelos Rocha*  
Recife, PE

## Vinho

Parabéns aos brasileiros que estão aprendendo a tomar vinho. É uma vergonha que as importadoras brasileiras tenham jogado um vinho de péssima qualidade para o consumidor pouco experiente. Esse vinho da garrafa azul Liebfraumilch é totalmente desconhecido aqui ("Mais e melhor", 30 de abril).

*Francieleide Schmitt*  
Ludwigshafen, Wuerttemberg, Alemanha

## Hipertexto

Sobre a nota "Preço baixo, só lá fora" (Hipertexto, 30 de abril), gostaríamos de prestar os seguintes esclarecimentos: a Itaotec não vende máquinas caras porque a margem é maior, mas vende máquinas de alta tecnologia pagando todos os impostos e tributos que há no Brasil. No caso de acontecer queda na tributação ou nos insumos do microcomputador, a Itaotec estará baixando o preço de seus equipamentos, como aconteceu outras vezes.

*Marino Martinez Leonardo*  
Coordenador de marketing da Itaotec  
São Paulo, SP

*Cartas para: Diretor de Redação VEJA. Caixa Postal 14110, CEP 02909-900, São Paulo, SP; Telex (011) 22115; Fax (011) 877-1640. ■ Por motivos de espaço ou de clareza, as cartas poderão ser publicadas resumidamente. ■ As cartas devem ser assinadas e nelas devem constar o endereço, o número da cédula de identidade do autor e um número de telefone para contato. Só poderão ser publicadas na edição imediatamente seguinte as cartas que chegarem à redação até quarta-feira de cada semana.*

# De meilleurs reins sans gluten

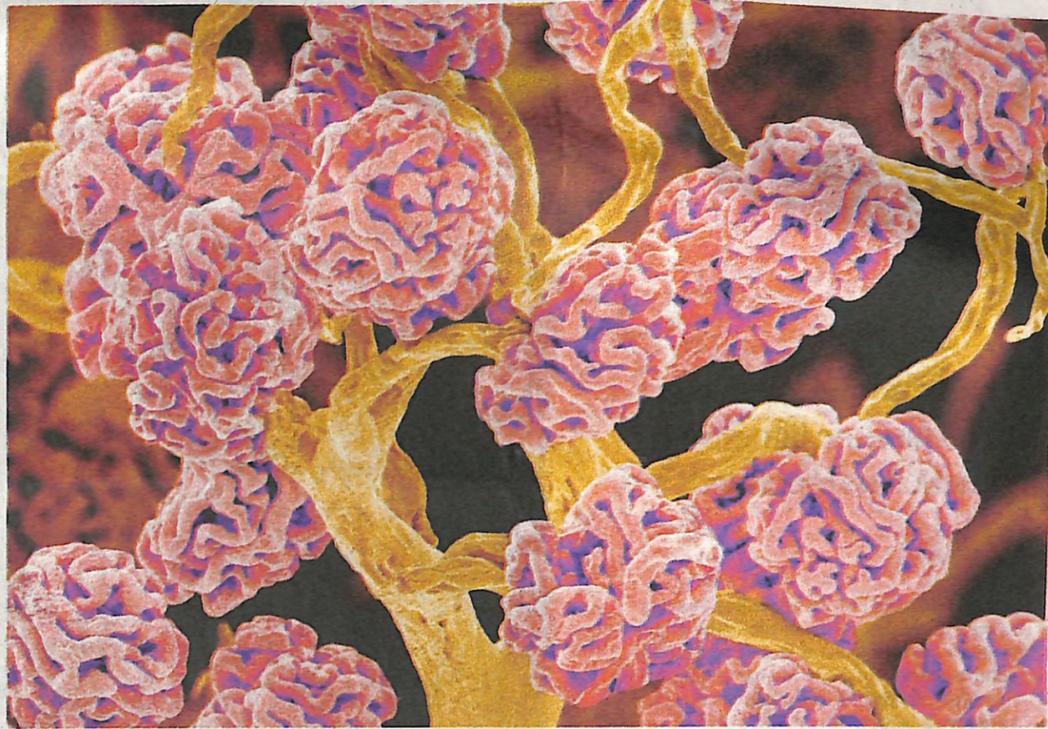
SANTÉ | Un régime sans gluten améliore la santé rénale des souris. Mais son efficacité clinique chez l'homme reste à vérifier

PASCAL SANTI

Présent dans le blé, l'orge ou le seigle, le gluten est connu pour les intolérances digestives qu'il provoque. Son éviction pourrait bloquer la progression de la maladie de Berger, une maladie du rein. C'est en tout cas ce qu'a montré une étude conduite par une équipe du Centre de recherche sur l'inflammation (Inserm, CNRS et université Paris-Diderot), situé dans la faculté de médecine du site de l'hôpital Bichat (Paris), et publiée dans la revue *Kidney International* le 25 mars.

Egalement appelée néphropathie à IgA, la maladie de Berger se caractérise par une production excessive d'un type particulier d'anticorps, l'immunoglobuline A de classe 1 (IgA1), qui s'accumule dans les glomérules, structure du rein qui filtre le sang pour éliminer les déchets. Elle conduit à une insuffisance rénale dans 30 % des cas et touche entre 0,5 et 1 % de la population mondiale. En France, 1 500 nouveaux cas sont diagnostiqués chaque année, habituellement chez l'adulte jeune.

« Nous avons précédemment identifié le récepteur aux IgA, le CD89, comme molécule participant à la pathogénie de la maladie en créant de gros complexes dans le sérum. En effet, on retrouve ces complexes dans les glo-



Les glomérules du rein. Chaque rein en contient une centaine.

SUSUMU NISHINAGA/SPL/COSMOS

die de Berger ont été soumises à un régime sans gluten. Les chercheurs ont constaté la réduction des dépôts d'IgA, de même que la quantité des deux protéines également repérées dans les glomérules, et l'amélioration de l'état du glomérule rénal et de l'hématologie. Puis, en réintroduisant du gluten durant trente jours dans l'alimentation des animaux, la maladie a réapparu en un mois. Il a été montré que la gliadine, une protéine présente dans le gluten, se liait aussi bien aux IgA1 qu'à leur récepteur. « L'introduction d'un régime sans gluten à des souris jeunes a prévenu le développement de la maladie, alors que ce régime n'a pas d'effet lorsque la maladie est avancée », souligne le professeur Monteiro. Ce qui expliquerait selon lui l'absence de résultats dans les années 1980.

« Il s'agit maintenant de voir si cette hypothèse se vérifie aussi chez l'homme, et surtout chez des patients sensibles au gluten. Une étude clinique multicentrique devrait être conduite bientôt auprès d'un grand nombre de patients après diagnostic de la maladie, poursuit le professeur Monteiro. Ces résultats ouvrent la voie à de nouvelles pistes de traitement de la maladie de Berger. Un régime d'éviction de gluten suivi pendant plusieurs années dès le diagnostic pourrait prévenir la progression de la maladie. »

Cette étude a suscité de nombreuses réactions du côté des patients. « Beaucoup y voient la perspective d'un traitement, ou en tout cas d'un moyen de ralentir ou de stopper l'évolution vers la destruction des reins », souligne Yvanie Caillé, fondatrice et directrice générale de l'association Renaloo. « Il me semble toutefois un peu prématuré de conseiller aux patients de se mettre au "sans gluten" », ajoute-t-elle. « Le sujet est tout à fait intéressant et prometteur, souligne aussi Roger Pierré, référent de la maladie de Berger à l'Association pour l'information et la recherche sur les maladies rénales génétiques (AIRG)-France, mais attention à tout excès d'optimisme, car il

reste à prouver l'efficacité clinique sur l'homme. »

Grande prudence aussi du côté du professeur Eric Alamartine, chef du service de néphrologie du CHU de Saint-Etienne, qui rappelle qu'aucun modèle expérimental murin ne reproduit fidèlement la maladie humaine. « Dans les années 1980 et 1990, de nombreuses études cliniques (chez l'homme) ont été publiées sur le régime pauvre ou sans gluten dans la maladie de Berger, mais les résultats ont été discordants et les études toujours trop courtes ! », tempère le professeur François Berthou, qui, de surcroît, émet de grandes réserves sur la mode du « sans gluten ». ■

## Travail et dialyse, un sérieux défi

C'est la double peine pour les personnes touchées par une maladie des reins (de 2 à 3 millions en France). Leur pathologie a d'importantes conséquences sur leur travail. Les résultats de deux enquêtes présentées par l'association Renaloo le 30 avril, l'une quantitative auprès de 1 566 patients âgés de 25 à 65 ans, et l'autre qualitative, sont accablants. Si plus de 80 % de la population âgée de 25 à 65 ans a un emploi, le taux d'activité s'écroule lorsque les reins ne fonctionnent plus. Seuls 17,4 % des patients dialysés ont un travail. La greffe est, elle, associée à une meilleure insertion sociale, puisque 51 % des patients qui ont été greffés après une période de dialyse ont un travail, et 58 % des très rares patients qui ont pu être greffés sans passer par la dialyse exercent une activité professionnelle. Autre enseignement : 66 % des patients dialysés et 44 % des greffés perçoivent moins de 1 100 euros par mois.

## TÉLESCOPE

### Santé

#### L'impression 3D a sauvé des bébés

Trois nourrissons atteints de trachéobronchomalacie sévère (une affection produisant un affaissement des voies aériennes durant la respiration et pouvant conduire à des arrêts respiratoires fatals) ont bénéficié d'une procédure pionnière d'une équipe de l'hôpital pour enfants de l'université du Michigan. Des attelles bronchiques résorbables ont été créées par impression 3D, puis cousues sur les bronches des bébés, afin de les tenir ouvertes. Jusqu'ici, les bébés atteints de cette pathologie avaient peu de chance de survivre. Kaiba, le premier patient, est aujourd'hui âgé de 3 ans. Un essai clinique va débiter chez 30 enfants.

► Morrison et al., « *Science Translational Medicine* », 29 avril.

### Médecine vétérinaire

#### Pas de sons suraigus pour les vieux chats

Des amoureux des chats le surnomment le « syndrome de Tom et Jerry ». Les chercheurs parlent désormais de FARS, pour *Feline Audiogenetic Reflex Seizures* (crise réflexe audiogénétique féline). Une équipe de vétérinaires britanniques a mis en évidence différents types d'attaques provoquées chez les chats par l'écoute de sons aigus. Proportionnels à l'intensité de l'émission, les symptômes peuvent aller d'une chute soudaine de l'attention, une tétanie, jusqu'à une perte brutale de connaissance. Parmi les différentes races, les chats birmans sont les plus sensibles, mais tous les félins de plus de 15 ans paraissent exposés. Le bruit le plus insupportable pour eux : le froissement d'une feuille métallique. Plus surprenant, certains félidés semblent agressés par le bruit d'un clavier d'ordinateur... ou de sa souris.

► Lowrie et al., « *Journal of Feline Medicine and Surgery* », mai.

## 2

### minutes

C'est le temps de marche nécessaire, chaque heure, pour faire baisser les risques provoqués par un mode de vie trop sédentaire (espérance de vie réduite, maladies cardio-vasculaires, diabètes...). Constatant que les deux heures trente d'activité physique hebdomadaire recommandées semblaient inatteignables, des chercheurs de l'université de l'Utah ont voulu trouver des buts plus « réalistes ». Leur conclusion, publiée dans le *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* : si diminuer de deux minutes le temps de travail assis ou passer deux minutes de plus debout ne sert à rien, s'imposer la même durée de marche fait sensiblement diminuer le risque de mort prématurée.

### Zoologie

#### Les nerfs élastiques du roqual



Pour pêcher ses proies, le roqual commun (*Balaenoptera physalus*) a développé un piège efficace : il ouvre une large gueule tout en accélérant, pour englober une masse d'eau énorme englobée dans une poche buccale qui court jusqu'à son nombril. L'animal n'a plus qu'à filtrer cette eau à travers ses fanons pour récupérer poissons, calmars, crustacés et krill. La déformation de cette poche s'appuie sur une caractéristique qui semble propre aux roquals, parmi les vertébrés : la capacité des fibres nerveuses qui parcourent ces tissus à supporter des élongations sans dommage, « comme des câbles de saut à l'élastique », selon une équipe nord-américaine. Les fibres nerveuses, au centre, sont repliées, tandis qu'une gaine de fibre élastique permet la déformation de l'ensemble et son retour à une position de repos.

(PHOTO : ROBERT HARDING/GULF OF MAINE PROD./BIOSHOTO) ► Vogl et al., « *Current Biology* », 4 mai.

# Les dinosaures ont leur ornithorynque

Des squelettes de curieux animaux vieux de 145 millions d'années ont été retrouvés en Patagonie

Un bien étrange animal vient de recevoir les honneurs de la revue *Nature* : un dinosaure âgé de 145 millions d'années comme on n'en avait encore jamais vu. Il a les pattes antérieures et les trois doigts du terrible tyrannosaure, les segments postérieurs puissants de l'allosaure, la tête de l'immense pléiosaure, trois « cousins » éloignés de la famille des théropodes. Mais l'animal arbore des vertèbres propres à un autre grand groupe, les ornithischiens. « Parmi les dinosaures, c'est un peu l'ornithorynque, sourit Martin Ezcurra, de l'université de Birmingham (Angleterre), un des signataires de l'article. On se demande comment il a assemblé ces caractères aussi différents. » Le paléontologue argentin a juste oublié le nom de l'animal :



« *Chilesaurus diegosuarezi*. » GABRIEL LIO

celui d'un enfant de 7 ans. Celui-ci s'appelle Diego Suarez. En cette année 2004, le petit garçon et sa sœur Macarena accompagnent leurs parents géologues dans la partie chilienne de la Patagonie. Pendant que les adultes poursuivent leurs relevés pour mieux comprendre la forma-

tion des Andes, les enfants grattent le sol, en quête de « cailloux décoratifs ». Sauf que, de sa besace, Diego sort tout autre chose : des os fossilisés. Les pièces sont si diverses que les premiers paléontologues consultés croient voir différentes espèces.

Les parents contactent alors un des pontes sud-américains du domaine, le professeur Fernando Novas, du Museum d'histoire naturelle de Buenos Aires. Une nouvelle fouille est lancée, en 2010, sur la Colline noire, une étendue rocheuse près du lac General Carrera. Cette fois, ce sont des dizaines de pièces qui sont trouvées, dont quatre squelettes presque entiers. Et stupeur : les os appartiennent à une seule et même espèce, que l'on baptisera *Chilesaurus diegosuarezi*.

La découverte est majeure. Par la quantité de spécimens retrouvés et leur qualité de conserva-

tion. C'est la première fois qu'un dinosaure entier du jurassique est mis au jour au Chili. Mais au-delà de cette fierté toute nationale, les enseignements livrés sont multiples. Si les squelettes complets mettent en évidence de jeunes animaux de la taille de grandes dindes, certains os isolés proviennent d'adultes mesurant jusqu'à 3 mètres de haut.

Autre nouveauté : leur alimentation. Dans la grande majorité, les théropodes étaient des carnivores. Les rares exceptions provenaient jusqu'ici de l'hémisphère Nord. Mais le bec et les dents plates de *Chilesaurus* l'attestent : les terres australes ont elles aussi connu leur théropode herbivore. Mieux, à en croire le professeur Novas, l'espèce était « de très loin la plus abondante dans cette région et à cette époque ».

Mais c'est encore l'étonnant mélange, ce patchwork anatomi-

que jusqu'ici inconnu, qui constitue la véritable trouvaille. « Les évolutions parallèles et simultanées existent, mais une telle mosaïque de convergences, c'est du jamais-vu, précise Martin Ezcurra. Cela montre de façon spectaculaire que différentes espèces peuvent développer les mêmes traits du fait d'un mode de vie et de pressions évolutives similaires. »

Comment une telle évolution s'est-elle produite ? L'équipe sud-américaine ne cache pas son ignorance. Si l'animal a été installé à une place précise dans l'arbre des espèces, de futures recherches pourraient la faire évoluer. « Il nous manque quelques os de la tête et de la queue ; cela n'a l'air de rien, mais ça peut encore changer beaucoup de choses. » Le site devrait donc faire l'objet de nouvelles fouilles. ■

NATHANIEL HERZBERG

# Génome

## Connaitre son ADN : espoir ou menace ?

SANTÉ

Quels peuvent être l'intérêt et les risques – médicaux ou éthiques – des tests commercialisés en ligne, mais interdits en France ? Deux généticiens répondent

FLORENCE ROSIER

Le 19 février, la Food and Drug Administration (FDA) autorisait un premier test génétique en vente libre. Il permet de dépister le risque de transmettre à sa descendance une maladie héréditaire rare, le syndrome de Bloom, qui entraîne un retard de croissance et un risque élevé de cancer. Avec cette autorisation, certains redoutent un premier pas vers la libéralisation des analyses des génomes personnels proposées sur Internet. D'autres espèrent peut-être une extension du territoire de la génétique, notamment au vu du marché considérable que représentent ces tests.

Depuis 2007, ces analyses du génome pour convenance personnelle – interdites en France – rencontrent un succès croissant. En mars 2015, la société 23andMe annonçait que plus de 900 000 « clients » avaient fait appel à ses tests de génotypage en libre accès. A partir d'un simple prélèvement salivaire, cette start-up californienne, créée en 2006 et en partie financée par Google, propose aux particuliers, moyennant 99 dollars, une analyse des données de leur génome.

Mais en novembre 2013, la FDA a mis son veto au volet « médical » de cette activité, interdisant à 23andMe de livrer des prédictions sur les prédispositions à des maladies ou les réponses à des médicaments. Avec deux conséquences immédiates : aux Etats-Unis, 23andMe s'est recentrée sur les analyses « récréatives », notamment généalogiques, des données du génome. Et elle a créé deux succursales, au Canada et au Royaume-Uni, qui proposent quant à elles une interprétation médicale des génomes.

Il était impossible d'imaginer la prodigieuse ampleur de ces progrès techniques : entre 2003 et 2013, le temps et le coût de la lecture complète du génome humain ont été divisés par 2 millions ! Ce fulgurant essor technique a conduit à remettre en cause certaines notions fondamentales de génétique, dont le concept même de gène.

Ces avancées rendent aussi ces analyses de génomes de plus en plus accessibles. Mais ces tests en libre accès sont-ils une menace ? Une

promesse ? Quelle est leur fiabilité ? Peuvent-ils avoir une valeur médicale prédictive et préventive ? Ou bien la santé des gens n'est-elle qu'un prétexte ? Un garde-fou par un encadrement international de ces pratiques est-il encore envisageable ?

A ces questions plutôt techniques et scientifiques s'en ajoutent d'autres, philosophiques et éthiques. Car bien au-delà des interrogations et des doutes légitimes sur le bien-fondé et les bénéfices médicaux de ces analyses, c'est notre nature même d'être humain qui est interrogée. La génétique va-t-elle nier nos dimensions psychologiques, émotionnelles et sociales ? Les spectres de l'« enfant parfait » et des dérives eugéniques vont-ils ressurgir ?

Pour y voir plus clair, deux généticiens français de renom confrontent leurs points de vue. Le premier, Jean-Louis Mandel, professeur au Collège de France, défend une position iconoclaste voire provocatrice : il est l'un des seuls biologistes français à plaider pour la liberté individuelle de connaître les données de son propre génome, notamment pour éviter la transmission de maladies génétiques graves. Bravant l'interdit français, il a testé les apports et les limites de ces analyses en faisant faire, il y a quelques années, le décodage de son propre génome. Face à lui, Patrick Gaudray, membre du Comité consultatif national d'éthique, dénonce le consumérisme lié à la commercialisation de ces tests, ainsi que les dangers de la sacralisation de l'information génétique. ■



## « Pourquoi juger a priori abominable »

Jean-Louis Mandel, professeur de génétique humaine au Collège de France et directeur de l'Institut

### Lexique

**Test génétique** Recherche, dans un ou plusieurs gènes, de mutations à l'origine d'une maladie bien identifiée.

**Test de génotypage** Caractérisation, chez un individu, d'un très grand nombre de « variants génomiques ». Ce sont de courtes séquences d'ADN qui présentent de fréquentes variations d'une personne à une autre. Ces variations peuvent être corrélées à certains traits, comme la prédisposition à des maladies ou des caractères morphologiques ou ethniques. En 2012, la société 23andMe proposait de caractériser 1 million de « variants » pour 99 dollars (89 euros).

**Séquençage complet** Il consiste à « lire » la totalité du message inscrit dans les chromosomes de chaque personne. Mais on est loin de savoir interpréter toute cette masse de données.

Jean-Louis Mandel, généticien, est professeur au Collège de France. En 1991, son équipe a découvert un mécanisme de mutations inédit : une répétition instable de courtes séquences dans l'ADN, responsable d'un retard mental lié au chromosome X. Ce type de mutations est en cause dans plus de quinze maladies neurologiques, comme l'ataxie de Friedreich ou la maladie de Huntington.

**En 2010, vous avez fait faire l'analyse de votre génotype par la société 23andMe. Pourquoi ?**

En tant que généticien, je voulais me rendre compte de la qualité et des limites des tests réalisés, des données fournies et des explications qui les accompagnaient. Je ne comprenais pas la violente opposition de l'immense majorité de mes collègues à leur égard. Pourquoi fallait-il juger a priori abominable cette démarche ? En France, on refuse un débat sur le sujet. Il faudrait s'interroger sans tabou : pour l'individu, le système de santé et la société, ces tests sont-ils scandaleux, dangereux, ou bien sont-ils une liberté ? Les informations fournies sont-elles utiles ?

**Que vous a appris cette analyse ?**

J'ai d'abord découvert que j'étais un porteur sain de la mutation la plus fréquente du gène de la mucoviscidose. Personne dans ma famille n'avait été atteint. Etant porteur d'une seule copie mutée, j'avais une « chance » sur deux de transmettre cette mutation à mes enfants ; si mon épouse avait été porteuse d'une copie mutée, nos enfants auraient eu une probabilité de 25 % d'être touchés. Ma période reproductive est terminée, mais ma fille était désireuse d'avoir des enfants. Je lui ai conseillé de se faire tester : elle

n'était pas porteuse de la mutation. Si elle l'avait été, sans doute son conjoint aurait-il pu faire ce test. La mucoviscidose reste une maladie très grave, même si de nombreux progrès ont été réalisés.

**Connaitre vos prédispositions à des maladies communes vous a-t-il été utile ?**

Pour au moins une maladie, cela aurait pu avoir des vertus préventives. J'ai ainsi découvert que j'étais porteur de plusieurs variants prédisposant à la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), cause de cécité fréquente. Or on sait que le tabac augmente notablement le risque de DMLA. Je ne suis pas fumeur, mais, si je l'avais été, connaître cette prédisposition aurait été un argument supplémentaire pour arrêter mon exposition à des lumières trop intenses et à l'effet délétère. Enfin, deux médicaments sont disponibles contre certaines formes de DMLA.

**Et pour d'autres affections communes ?**

Il faut l'admettre, l'intérêt médical de la plupart des risques de maladies communes était très faible. Les risques calculés avaient très peu de valeur prédictive car le déterminisme de ces maladies est en grande partie génétique. Pour chaque maladie, l'effet de chaque variant génétique est souvent très faible. Chaque d'eux interrogait avec de nombreux autres facteurs génétiques mais aussi environnementaux. De plus, les résultats dépendent beaucoup du nombre de variants testés. En réalité, ces prédictions n'ont de valeur que pour deux ou trois maladies où ne jouent qu'un petit nombre de facteurs génétiques au rôle majeur. C'est le cas pour la DMLA et la maladie d'Alzheimer.

**Sur la maladie d'Alzheimer, quel est l'intérêt de disposer de cette information ?**

On a découvert en 1993 un variant génétique, l'ApoE4, qui prédispose à cette maladie. Environ 25 % de nos germes en possèdent une copie : leur risque est multiplié par 3 ou 4. Pour les 2 % qui ont les deux copies de ce variant, le risque est multiplié par 9 à 12.

Sur son site, la société 23andMe délivrait ce message : « Ne prenez pas tout de suite vos résultats. Lisez d'abord nos informations : vous déciderez après si vous voulez connaître votre prédisposition. » J'avoue que j'ai eu deux minutes d'hésitation. Il se trouve que je n'ai aucune copie de ce variant, ce qui ne veut pas dire que je ne développerai pas la maladie. A quoi peut servir cette information, dans la mesure où la prévention est limitée, et même si l'activité intellectuelle ou physique semble bénéfique ? Je pense qu'une personne âgée de 20 à 50 ans n'a pas intérêt à connaître cette prédisposition. Mais pour une personne de 60 ans, pourquoi pas ?

En novembre 2013, la Federal Drug Administration a mis son veto à l'interprétation médicale des données de génotypage des nouveaux clients de 23andMe. Ses motifs vous semblent-ils fondés ? La FDA invoque deux motifs. D'une part, elle juge que les tests sont des dispositifs médicaux : 23andMe n'aurait donc pas obtenu l'autorisation préalable à leur mise sur le marché. Mais on peut soupçonner une intervention conservatrice des sociétés qui réalisent des tests génétiques. D'autre part, la FDA a estimé que 23andMe n'avait apporté aucune donnée éthique permettant de garantir la sécurité, l'efficacité et la fiabilité de ces analyses. Pour ce qui est de la fiabilité



Les généticiens Jean-Louis Mandel (à gauche) et Patrick Gaudray.  
FRÉDÉRIC STUCIN POUR « LE MONDE »

## « Cette démarche ? »

de génétique et de biologie moléculaire et cellulaire de Strasbourg

prédictive, elle reste très limitée pour la plupart des maladies communes. Par ailleurs, ces tests portent sur 1 million de variants : des erreurs sont statistiquement possibles, avec des faux positifs ou des faux négatifs sur quelques dizaines de variants. Pour autant, 23andMe réalisait ces tests dans un laboratoire accrédité. La FDA redoutait aussi que certains clients de ces tests ne prennent des décisions hors de tout encadrement médical, parce qu'ils auraient été effrayés de leurs résultats. Mais plusieurs études montrent que les clients de 23andMe n'ont pas eu ces craintes. Ces tests ne me semblent pas dangereux.

### Quid de l'analyse des réponses individuelles à certains médicaments ?

J'ai appris que j'avais une sensibilité accrue à un médicament très utilisé en cardiologie : la warfarine, un anticoagulant oral de la famille des antivitamines K (AVK). On sait que la réponse à la warfarine varie selon les patients, ce qui a de fortes répercussions sur l'efficacité et la sécurité de ce traitement – les risques d'hémorragies liés aux AVK sont en effet importants. Savoir que je réponds mieux à cet AVK n'est pas anodin : si je devais suivre un tel traitement, il faudrait sans doute en diminuer le dosage initial.

### Le volet sur les origines ethniques vous semble-t-il intéressant ?

Mon analyse a indiqué que 96 % de mon génome était d'origine juive ashkénaze, ce qui est parfaitement exact. Tous mes « cousins potentiels » ont la même origine ; certains avaient comme moi des ancêtres dans la ville de Lodz (Pologne). Par ailleurs, un de mes post-doctorants a pu retrouver, chez les

clients de 23andMe, trois de ses cousins au cinquième degré, issus d'une branche de la famille ayant émigré aux États-Unis au XIX<sup>e</sup> siècle.

### Le 19 février, la FDA a autorisé la vente d'un premier test génétique pour dépister le risque de transmettre une maladie rare. Qu'en pensez-vous ?

Prenons l'exemple de la mucoviscidose. En France, lorsqu'un premier enfant est atteint, on juge éthique de faire dépister ses frères, ses sœurs et ses cousins. Et lorsque ceux-ci sont porteurs d'une mutation, on juge éthique que leurs conjoints se fassent dépister. On juge aussi éthique de faire un diagnostic prénatal lors d'une grossesse suivante, donc de prévenir un second cas. Mais on ne juge pas éthique de faire un dépistage des « porteurs sains » du gène de cette maladie chez tous les couples qui ont un projet parental – c'est-à-dire de prévenir un premier cas. J'ai du mal à comprendre... Aux États-Unis, le dépistage des mutations du gène de la mucoviscidose est proposé à tous les couples qui ont un projet parental. En Israël, c'est une politique d'État – qui a évidemment un coût. Faut-il ou non laisser la liberté aux couples de connaître leurs risques de transmettre des maladies graves à leurs enfants ? Il faudrait faire des études supplémentaires. Mais, par peur du risque – certes réel – de dérive eugénique, on évacue le problème. On n'en parle même pas. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR FL. R.

Le professeur Jean-Louis Mandel déclare n'avoir aucun lien d'intérêt avec la société 23andMe ni avec aucune autre firme développant des tests diagnostiques ou génomiques.

# « Nous ne sommes pas le produit de nos gènes »

Patrick Gaudray, directeur de recherche au CNRS et membre du Comité consultatif national d'éthique

**C**hercheur en génétique, le professeur Patrick Gaudray est membre du Comité national consultatif d'éthique (CCNE). Directeur de recherche au CNRS (université de Tours), il a participé à l'aventure du projet Génome humain au cours des années 1990.

**En mars, la société 23andMe annonçait avoir totalisé plus de 900 000 « clients » pour ses tests de génotypage en vente libre. Quels sont les problèmes posés par ces tests, interdits en France ?**

Le premier problème tient au terme même de *customers* (« clients »). Nous sommes dans une dynamique de consumérisme : c'est une démarche choquante dans un pays comme le nôtre, où les médecins préfèrent parler de leur « patientèle » que de leur « clientèle ». Il s'agit d'un système guidé par le business, où la santé des gens n'est qu'un prétexte. D'ailleurs, 23andMe ne monnaie-t-elle pas les données de ses clients auprès de groupes pharmaceutiques ? En janvier, cette société a revendu à l'entreprise de biotechnologie Genentech, pour 60 millions de dollars [54 millions d'euros], le profil génétique de 14 000 clients concernés directement ou indirectement par la maladie de Parkinson – pour la recherche sur les causes génétiques de cette maladie. Mais quelle est la nature du consentement donné par ces clients ?

**Fin 2013, la FDA a invoqué le manque de fiabilité des prédictions fournies par ces tests pour en interdire l'interprétation médicale...**

C'est le second défaut majeur de ces tests : leur valeur prédictive et clinique est surestimée. Ils ne font que mettre en évidence des mutations dans des gènes, corrélées à l'apparition de maladies communes, mais sans liens démontrés de cause à effet.

En outre, ces tests vous vendent des prédictions sans certitudes. Or en médecine, les messages probabilistes sont difficiles à comprendre. Et cette incertitude peut entraîner une détresse. Même en cas de mutation classique du gène BRCA1, qui expose à un risque accru de cancer du sein, on peut seulement dire à une femme : « Vous avez un risque de 60 % de développer un cancer du sein avant l'âge de 70 ans. » Du reste, être indemne de cette mutation ne protège pas de ce cancer. Il y a un risque de démobilisation vis-à-vis de pratiques préventives, comme le dépistage par mammographie. La prédiction peut aller à l'encontre de la prévention.

**Même si ces prédictions étaient fiables, la fréquente absence de solutions préventives ne compromet-elle pas leur intérêt ?**

Apprendre que vous êtes porteur d'une prédisposition forte à une maladie donnée n'est pas forcément bienfaisant, s'il n'existe aucun traitement satisfaisant ni aucun moyen préventif. Si l'on parvenait à affiner la prédiction et à mettre en place une prévention efficace, alors oui, ces tests pourraient être un bien. Par ailleurs, ces tests peuvent exposer à des dilemmes préventifs. Toutes les porteuses d'une mutation du gène BRCA1 ou BRCA2 doivent-elles se faire enlever les deux seins, les deux ovaires et les trompes de Fallope ? La lecture des données génétiques doit rester intelligente, modulée et respectueuse de la personne et de son histoire familiale.

**Que pensez-vous du point de vue de Jean-Louis Mandel, qui défend l'intérêt de certaines informations délivrées par ces tests ?**

Je respecte les positions des généticiens cliniciens comme Jean-Louis Mandel, qui sont au contact quotidien des patients. Voir un enfant mourir de la mucoviscidose est extrêmement difficile ! Mais ces tests en vente libre soulèvent des questions éthiques majeures que l'on ne peut ignorer. N'allons-nous pas nous faire imposer le fardeau de notre carte d'identité génétique, ainsi que tous les comportements associés à cette connaissance, censés prévenir nos risques de maladies ? Ce serait une remise en cause du droit des patients à ne pas savoir.

**Ces tests nous réduisent à notre dimension génétique, dites-vous...**

C'est sans doute leur plus grand danger. Ils gommont notre dimension globale, oubliant notre dimension psychologique, affective et

sociale ! Nous ne sommes pas le produit de nos gènes. Notre vie doit-elle être entièrement guidée par notre dimension génétique ? Devons-nous mener une vie d'ascète, suivre à la lettre les recommandations des nutritionnistes, courir 15 kilomètres par jour, faire tester notre ADN ? Si c'est le libre choix de la personne, pourquoi pas ? Mais si c'est dicté par l'oukase d'une compagnie d'assurances, d'un employeur ou de la société, non !

En 2008, les États-Unis ont voté le Genetic Information Non-Discrimination Act, qui interdit aux assureurs et aux employeurs l'usage inapproprié d'informations génétiques de particuliers. Mais cette loi est déjà en partie contournée par les assureurs. Et certaines personnes ont fait séquencer leur génome pour montrer à leur assureur que leur prime doit baisser ! Ce n'est pas un monde où je voudrais vivre.

**Ces tests ne posent-ils pas aussi la question de la « normalité » ?**

Nous sommes tous porteurs de mutations qui peuvent conduire à des maladies plus ou moins graves. A partir de quand doit-on considérer ces mutations comme délétères ? Il est illusoire, scientifiquement insensé et sans doute criminel de penser pouvoir définir ce qu'est un « ADN normal ». Avec ces tests, on est dans la tyrannie des normes dénoncée par le philosophe et médecin Georges Canguilhem [1904-1995]. Imaginons par ailleurs que le séquençage du génome se démocratise chez les couples ayant un projet parental. Cela reviendrait à un « mariage de fonds génétiques », et non plus à un mariage de personnes, en réactivant le mythe de « l'enfant parfait ». Mais quelle perfection ? Sur la base de quelles normes, définies par qui ?

**Le CCNE mène actuellement une réflexion sur les questions posées par le séquençage à très haut débit du génome. Quels en sont les enjeux ?**

Le séquençage complet du génome pourrait se démocratiser. Lorsque le projet « Génome humain » [HUGO] a été lancé, en 1990, il visait à établir la séquence complète du génome humain. Nous savions que ce but était accessible, et de façon de plus en plus rapide. Mais nous n'avions pas prévu l'ampleur de cette accélération ! Le projet HUGO a été terminé en 2003 : il a nécessité treize ans de collaborations internationales pour établir la première séquence complète du génome humain, pour un coût total de 3 milliards de dollars. En 2013, un génome humain complet pouvait être séquencé en quelques heures, pour un peu plus d'un milliard de dollars !

**Séquencer le génome d'une personne ne signifie pas en fournir une interprétation médicale...**

Certainement non. Pour cela, il faut une qualité de séquençage très poussée afin de lever les ambiguïtés. « La séquence à 1 000 dollars, l'interprétation à 100 000 dollars », écrivait la chercheuse Elaine Mardis en 2010 dans la revue *Genome Medicine*. Par ailleurs, les progrès des connaissances ont entraîné de nombreuses remises en cause des notions de génétique fondamentale : un même gène peut être dispersé en plusieurs fragments, ou certains gènes ne codent pas pour des protéines... Et ils ne font pas tout, comme le montre l'épigénétique, qui s'intéresse aux processus de régulation de l'activité des gènes par des facteurs de l'environnement. Tout ce que nous ne comprenons pas tend à être négligé, y compris par les sociétés qui font ces prédictions génétiques. Leurs conclusions sont biaisées.

**Pourrions-nous demain renoncer à ces nouvelles techniques ?**

Il est illusoire de penser que nous pourrions revenir à un état d'avant le séquençage de l'ADN. Il est probablement déjà plus simple et moins onéreux de séquencer la totalité du génome d'une personne que de rechercher une mutation dans un gène donné : c'est ce qui risque d'être pratiqué demain ! Mais le CCNE s'interroge : quelle forme de régulation pourrions-nous mettre en place ?

Je reste émerveillé par ces extraordinaires progrès des connaissances et techniques. Mais je refuse de me laisser fasciner par cette lumière, qui peut brûler. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR FL. R.

## Les premiers pas de la France spatiale

LE LIVRE

Un historien raconte les succès et les déboires des fusées françaises à partir de 1945

DAVID LAROUSSIERE

Le 26 novembre 1965, la France devenait la troisième puissance spatiale mondiale, en envoyant son premier satellite dans l'espace grâce à une fusée Diamant lancée depuis l'Algérie. C'était un peu plus de huit ans après le Spoutnik soviétique, et le succès ne fut que partiel : l'orbiteur de test, dit A1 ou Astérix, n'a émis aucun signal radio ! Tel est l'un des multiples rebondissement de cette histoire, racontée en détail par Philippe Varnoteaux. Les péripéties techniques et politiques ne manquent pas : échecs de lancement, rivalités de personnes, périodes de gel des projets...

L'aventure commence, après-guerre, par les fusées-sondes, lancées au-delà de l'atmosphère. La filiation avec les V2 allemands est d'autant plus évidente que la France, tout comme les Etats-Unis et l'URSS, a recruté des ingénieurs du pays vaincu et récupéré des plans ou du matériel. Des dizaines d'Allemands travaillèrent ainsi dans les différents centres français mobilisés sur ces fusées. Au point que certaines documentations étaient rédigées dans la langue de Goethe et qu'on la parlait sur les pas de tir. Véronique, la première fusée-sonde française, lancée en octobre 1954, doit beaucoup à cette coopération. Juste retour des choses, des expériences scientifiques spécifiquement allemandes furent plus tard lancées par les Français.

Cette première phase est marquée aussi par la grande diversité et le nombre des acteurs disposant de fusées. Le livre recense des dizaines de ces engins, partant de l'île du Levant, du Larzac ou de l'Algérie. Mais après ces premiers succès de 1954, plus rien ou presque ne décolle jusqu'en 1959. Il faudra la volonté de De Gaulle, le succès des Soviétiques avec Spoutnik et des projets scientifiques ambitieux pour relancer les projets. Sur fond de rivalités entre civils et militaires.

L'historien raconte aussi les premiers pas médiatiques de ces fusées, qu'il qualifie parfois de propagande, devant l'enthousiasme de certains commentateurs. On y apprend que des ingénieurs rêvaient de fusées postales pour accélérer les communications.

Le lecteur se perdra un peu dans les nombreux sigles et acronymes, notamment dans les descriptions des bureaux, instituts ou organismes chargés des développements. Mais ces pages expliquent la création d'acteurs comme le CNES, l'Agence spatiale ou le consortium Intelsat de télécommunications par satellite... D'autres chapitres, plus digests, relatent l'intérêt scientifique de ces fusées-sondes, qui aident à la compréhension des phénomènes turbulents ou électromagnétiques dans les hautes altitudes. Les biologistes aussi sont de la partie avec des expériences sur des animaux (rat, chat, macaque).

Ce récit se termine au début des années 1970, au moment des décisions concernant le futur lanceur Ariane. Une autre histoire, plus commerciale, s'ouvre alors.

L'Aventure spatiale française, de Philippe Varnoteaux (Nouveau Monde, 430 p., 25 €).

## Agenda

Théâtre

« Des fleurs pour Algernon »

Une souris, un homme et une intervention chirurgicale sur chacun d'eux afin d'améliorer leur intelligence. Algernon excelle à sortir du labyrinthe tandis que Charlie le simplet triple son QI. Mais pour combien de temps ? De ce roman culte de Daniel Keyes, publié en 1966, ont déjà été tirés plusieurs films et adaptations scéniques. Grégory Gadebois, magnifique, reprend ici la pièce créée en 2012, avec laquelle il avait décroché un Molière. Pour les amoureux du théâtre et/ou des sciences.

► Théâtre du Petit-Saint-Martin, Paris 3<sup>e</sup>. [www.petitsaintmartin.com](http://www.petitsaintmartin.com)

## L'haleine des moines au service de la science



IMPROBABLOGIE

Pierre Barthélémy

Journaliste et blogueur  
Passeurdessciences.blog.lemonde.fr  
(PHOTO: MARC CHAUMÉL)

Quand survient un séisme destructeur, une course contre la montre commence pour dégager les prisonniers des décombres. A condition de les localiser. Dans un article publié en 2006 par le Journal of

Chromatography B, une équipe grecque annonçait son intention d'enrichir la panoplie des techniques de détection des personnes coincées sous les ruines (exploration grâce à des caméras, écoute des sons et vibrations, équipes cynophiles) en étudiant la possibilité de repérer... leur haleine. Ainsi que l'expliquaient ces chimistes de l'université technique nationale d'Athènes, l'air que nous expirons – en plus de contenir de l'azote, de l'oxygène, du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau déjà présents dans l'atmosphère – est porteur de composés organiques volatils (COV) issus des processus biochimiques à l'œuvre dans notre organisme. Tout comme on traque l'alcool présent dans le sang en faisant souffler les conducteurs dans un éthylotest, on pourrait envisager un « ballon » pour détecter les COV qu'émettent les captifs de gravats.

L'idée est jolie mais, avant d'essayer de la mettre en œuvre, encore fallait-il combler les lacunes de la science et déterminer quelles molécules le métabolisme des personnes enlevées était susceptible de relâcher après trois jours passés de relais boire ni manger sous des décombres.

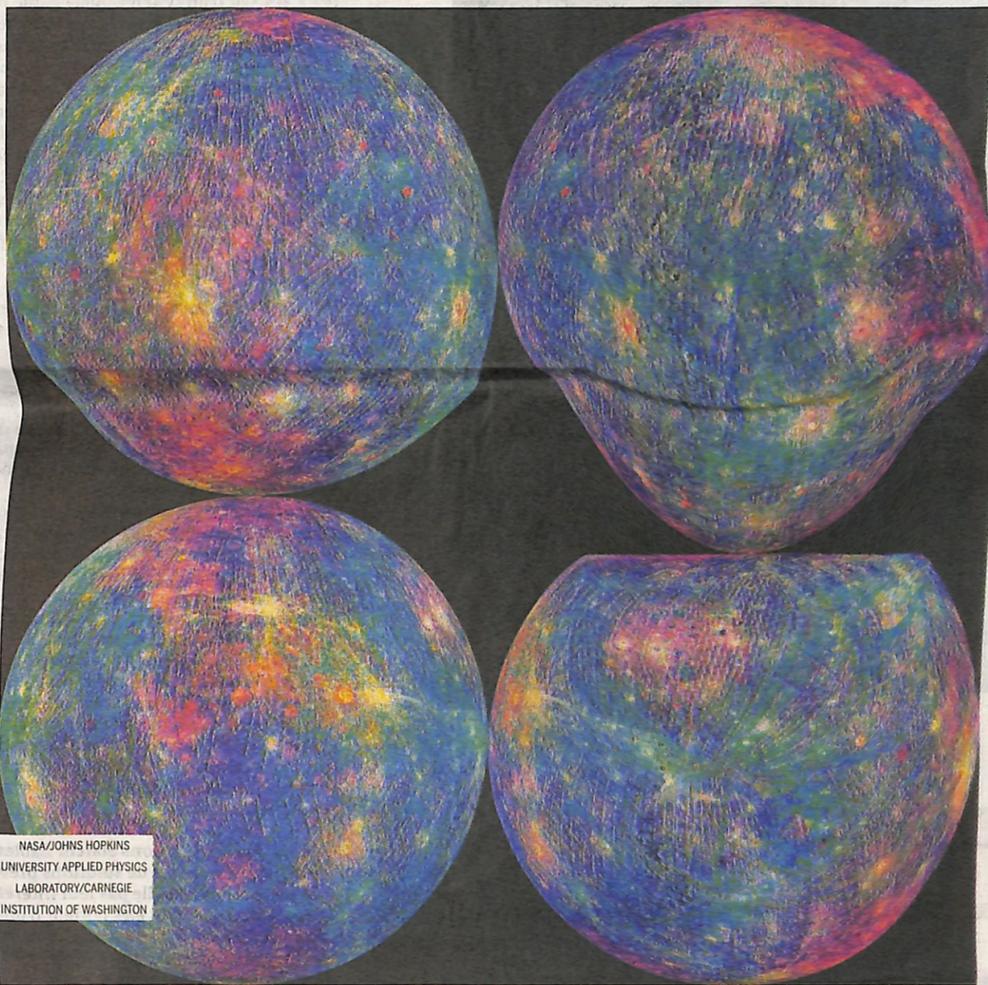
Des volontaires pour un jeûne et une déshydratation extrêmes ? Non ? Personne ? Heureusement, il y a Dieu qui, dans son infinie sagesse, pense à tout, y compris à fournir à la recherche des bénévoles.

Dans la famille des improbables cobayes de la science, je vous présente les locataires du grand et saint monastère de Vatopedi, au pied du mont Athos, en Grèce. Tous les ans avant Pâques, ces braves garçons ont en effet pour coutume de prendre un dernier dîner (poisson, salade, et verre de vin tout de même) le dimanche soir à 19 heures, puis de ne plus rien avaler jusqu'au mercredi suivant à 11 heures, où le jeûne est rompu avec une traditionnelle soupe de fruits chauds. Les auteurs de l'étude ont donc profité de cette tradition pour recueillir, avant ladite soupe, les émanations pulmonaires de sept moines. L'air exhalé a été ensuite analysé pour en déterminer la composition : pas moins de 150 substances, la plupart en quantités infinitésimales.

Au premier rang des COV figurait l'acétone, comme les chercheurs s'y attendaient. Cette molécule est en effet issue du processus de dégradation des

graisses qui s'enclenche lorsque l'organisme n'a plus de sucres à se mettre sous la dent pour alimenter sa centrale énergétique. L'expérience a montré qu'au bout de soixante-trois heures de jeûne, les cobayes présentaient un taux d'acétone trente fois supérieur à la normale ! Au point que, selon l'étude, la molécule, qui a une odeur caractéristique de dissolvant, pouvait se repérer, non pas à l'œil nu mais au nez nu, en reniflant à la barbe des sujets. Ne dites donc plus « haleine de chaval » mais « haleine de moine du mont Athos ».

L'article s'achève sur la difficulté qu'il aura à mettre au point un détecteur de COV assez fiable pour aider les secours après un séisme : les quantités émises se révèlent vraiment minuscules, et les zones de destruction sont souvent contaminées par des poussières, des particules... et par tous les produits stockés dans les immeubles avant qu'ils ne s'écroulent. Mais qu'importe ! On a trop souvent, dans cette chronique, raillé les dérives pseudo-scientifiques de certains croyants pour ne pas saluer cet exemple de collaboration intelligent entre religieux et chercheurs. ■



NASA/JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY/CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

## Fin de vie pour Messenger

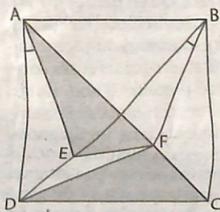
La sonde Messenger de la NASA s'est écrasée le 30 avril sur Mercure, planète dont elle avait atteint l'orbite en mars 2011, sept ans après son lancement. La chute de l'engin était prévue, faute de carburant pour rester au voisinage de sa cible. Les différentes couleurs à la surface de la plus petite des planètes du Système solaire trahissent des compositions minérales différentes. Les instruments de la sonde ont permis d'étudier les nombreux cratères de Mercure, de découvrir de la glace à l'intérieur de certains, de mesurer le champ magnétique turbulent ou d'identifier du calcium et du magnésium. Avant Messenger, la sonde Mariner avait rendu visite à la planète dans les années 1970. L'Agence spatiale européenne a programmé une nouvelle mission, BepiColombo, en 2017, pour explorer à nouveau Mercure. ■

## AFFAIRE DE LOGIQUE

### Les frères ennemis

Sur un plan représentant le parc familial ABCD en forme de carré, deux frères marquent leur territoire. Ils tracent d'abord les deux diagonales et placent deux points, E et F, un sur chacune d'elles (voir position des points sur la figure), de façon à rendre égaux les angles DAE et EBF. Le premier s'attribue la zone triangulaire AEF, le deuxième la zone DFC.

Lequel des deux possède le terrain le plus grand ?



SOLUTION DU N° 910

Bob a toujours une stratégie gagnante lorsque N est un nombre impair strictement supérieur à 1.

Dans les autres cas, la partie se termine par un match nul si Alice et Bob jouent au mieux de leurs intérêts.

• Cas N impair ( $N = 2p - 1$ , où  $p > 1$ ). Si Alice annonce le nombre  $a$ , la stratégie de Bob (stratégie de la symétrie) consiste à annoncer le nombre  $(2p - a)$ , qui est forcément libre pour lui s'il a respecté la stratégie dès le début. Une exception cependant : si Alice annonce  $p$ , il existe forcément une valeur

disponible pour Bob parmi  $(p-1)$  et  $(p+1)$ . Il l'annonce, l'autre demeurant à jamais interdite à Alice. Au bout de  $(2p-2)$  annonces (au maximum), Alice n'a plus droit qu'à un nombre interdit : il en reste forcément un parmi  $(p-1)$ ,  $p$  et  $(p+1)$ .

• Cas N pair ( $N = 2p$ ). On montre d'abord que Bob ne peut pas perdre. Il peut en effet utiliser encore la stratégie de la symétrie qui conduit au match nul : si Alice annonce le nombre  $a$ , Bob annonce le nombre  $(2p + 1 - a)$ . Alice possède, elle aussi, une stratégie qui mène au nul : elle commence par annoncer  $2p$ .

Si Bob n'annonce pas 1 (par exemple il annonce  $k$ ), la partie se décompose en deux sous-parties : entre 1 et  $k$  et entre  $k$  et  $2p$ . Pour chacune de ces sous-parties, Alice est maintenant dans la position du deuxième joueur. Elle annonce 1 et va appliquer la stratégie de la symétrie dans chacune des sous-parties. Or, l'une des deux sous-parties porte sur un nombre impair, ce qui va la faire gagner. Bob est donc contraint d'annoncer 1, et le problème se ramène au cas  $(N-2)$ , ce qui, de proche en proche, mène au nul.

N° 911

### Jeux, architecture, illusions d'optique : des maths !

Deux expositions au Centre Pompidou à Paris

• Jusqu'au 20 juillet, l'exposition « Un nouveau festival 2015 : air de jeu » tisse des liens entre art et jeux, en donnant une place importante au hasard. Ainsi, le plasticien Julien Prévieux aborde le jeu vidéo sous un angle inédit, celui du « bug », le philosophe Quentin Meillassoux questionne « Un coup de dés jamais n'abolira le hasard », un poème de Mallarmé où chiffres côtoient lettres et codes. Conférences et débats vont se succéder autour des jeux de mots de l'Oulipo ou d'événements à suivre comme la publication d'un « livre aléatoire ».

• Jusqu'au 3 août, toujours au Centre Pompidou, un hommage sera rendu à Le Corbusier, architecte et urbaniste visionnaire, dans l'exposition « Mesures de l'homme ». Le créateur du « Modulor », qui se référait à cette « mathématique gracieuse qui règle le corps humain », définissait les dimensions harmonieuses de l'architecture et de la composition spatiale selon une rationalité toute géométrique : le nombre d'or tenait une grande place.

Informations sur : [www.centrepompidou.fr](http://www.centrepompidou.fr)

• Illusions d'optique à la Cité des télécoms (Pleumeur-Bodou)

Dans le parc du Radôme à Pleumeur-Bodou (Côtes-d'Armor), l'exposition « Les illusions d'optique, quand notre cerveau nous joue des tours », organisée par la Cité des télécoms et déjà présentée en 2014 (voir la rubrique 872), a pris de l'ampleur : surface doublée, nouvelles animations... Elle permet, à travers observations et manipulations, de découvrir les illusions visuelles, celles qui trompent nos sens, nous montrent des réalités impossibles et remettent en cause nos principes logiques et géométriques. En cette Année internationale de la lumière, elle met l'accent sur les rôles essentiels que jouent dans ces phénomènes la lumière, la vue et notre cerveau.

Informations sur : [www.cite-telecoms.com](http://www.cite-telecoms.com)

ED ALCOCK/AVOZP  
POUR « LE MONDE »

## Stanley Prusiner, un Nobel iconoclaste

**PORTRAIT** | Ce neurologue découvreur des prions fut souvent controversé pour avoir effectué ses travaux loin des dogmes. Ses Mémoires reflètent un parcours sans concession

est peu dire que Stanley Prusiner aura eu à vaincre le scepticisme d'une bonne partie de la communauté scientifique. Pardi ! Le plus court chemin vers le consensus n'est pas de torde le cou à au moins trois dogmes solidement établis et enseignés à des générations d'étudiants : tout agent infectieux appartient à l'une des catégories bactéries, virus, moisissures ou parasite ; il possède forcément du matériel génétique (ADN ou ARN) ; la conformation dans l'espace d'une protéine est dictée par la séquence des acides aminés qui la composent.

Stanley Prusiner l'a pourtant démontré avec la découverte des prions, responsables de maladies dégénératives comme la maladie de Creutzfeldt-Jakob (MCJ), la maladie de la vache folle (encephalopathie spongiforme bovine, ESB), tremblante du mouton... Un processus où une protéine anormalement repliée devient un pathogène, que l'on retrouve dans la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer et d'autres maladies neurodégénératives.

Ces travaux iconoclastes ont valu au neurologue de recevoir le prix Albert-Lasker pour la recherche fondamentale en médecine en 1994 et le prix Nobel de médecine en 1997. A l'époque, la polémique faisait encore rage. Les deux institutions reçoivent des critiques, de certains scientifiques – virologues en tête – ou journalistes : les plus modérés posant la question d'une éventuelle erreur dans les conclusions de Prusiner et les plus virulents dénonçant des errements coupables.

A ceux qui l'ont accusé d'hérésie, il oppose l'accumulation méthodique de publications apportant progressivement la démonstration que l'agent recherché était bien une protéine et non un virus d'un genre particulier comme il l'a longtemps cru lui-même. Il évoque, dans son autobiographie *La Mémoire et la Folie. La découverte des prions : un nouveau paradigme biologique* (Odlie Jacob, 384 p., 29,90 €), les « faiblesses humides », qui ont présidé aux coups bas et mauvaises manières.

Tel chercheur suisse avec lequel il collabore et à qui il adresse des échantillons prévoit de publier ses résultats dans une grande revue, puis faire figurer au nombre des coauteurs le sans de Prusiner ou sans référence à l'université de Californie à San Francisco à laquelle il est affilié.

De même, Carleton Gajdusek, auteur de travaux pionniers sur le kuru, une encéphalopathie spongiforme identifiée dans des tribus de Papouasie-Nouvelle-Guinée et liée à la consommation de cerveaux humains, revenant-il l'antériorité de la découverte du prion. Prusiner rappelle que son confrère était coutumier de ce type de comportement, sans oublier de glisser qu'il fut condamné à la prison pour pédophilie.

L'univers de la science ne manque pas de jalouses : « Dans le monde des affaires, quand vous réalisez une perte, tous ceux qui ont des stock-options deviennent plus riches. Dans la science, quand une personne fait une perte, elle t-elle dans un grand rite sonore.

On l'aura compris, le professeur Prusiner n'est pas adepte de la langue de bois. Il distribue les compliments mais aussi les coups de bâton. Et les scientifiques ne sont pas les seuls à en prendre pour leur grade. Dans son autobiographie, un chapitre est consacré aux

### Partant des deux mots-clés

« **protéin** » et « **infectieux** »,  
il bricole le terme « **prion** »

#### qui fait florès

« Joutes avec la presse ». Il raconte les mauvais tours que certains journalistes, comme Gina Kolata du *New York Times*, lui ont joués en faisant la part belle aux sceptiques. De vive voix, il reconnaît que ce ne fut pas l'attitude de l'ensemble des médias, citant en contre-exemple Lawrence Altman, médecin et lui aussi journaliste santé au *New York Times*.

Au départ, rien n'avait prédéposé Stanley Prusiner à la médecine ou à la science. Pas sa famille en tout cas. Il évoque ses ascendants paternels et maternels ayant dû quitter la Russie devant l'antisémitisme et les mesures d'expulsion frappant les juifs, et émigrant aux Etats-Unis. On ne vit pas dans l'opulence chez les Prusiner. Il manie le paradoxe : « Si votre père n'a pas très bien réussi dans la vie, ce n'est pas un handicap mais une chance. A vous d'être assez malin pour réaliser quelque chose d'important. »

Né le 28 mai 1942 à Des Moines (Iowa), il tra à l'université de Pennsylvanie, où Sidney

Wolfson le persuadera de faire des études médicales, puis à l'université de Californie, à San Francisco. Il n'avait aucune envie de passer son temps à voir défiler des patients en consultation. Pourtant, alors qu'il travaillait depuis trois ans aux Instituts nationaux de la santé (NIH) dans le Maryland, il est appelé un jour de septembre 1972 auprès d'une patiente qui se révélera atteinte par la MCJ. Ce sera le déclic. Réalisant qu'il existe des souris servant de modèles pour la tremblante du mouton, le jeune docteur Prusiner se jette à l'eau.

Pourquoi s'être entêté alors que de nombreux scientifiques, y compris certains de ceux avec lesquels il collaborait, répétaient qu'il se fourvoyait ? « J'ai pensé que car je croyais à ce que je faisais et parce que, après avoir cherché un autre sujet, je n'en ai pas trouvé de plus intéressant », affirme-t-il. Stanley Prusiner estime avoir eu de la chance. C'est parfois celui que l'on attendait pas qui fera la découverte importante. « J'appelle ça *l'effet Obama*, en référence à sa victoire sur Hillary Clinton lors des primaires démocrates en 2008 », s'amuse-t-il.

Il a eu également un talent à partir duquel ses détracteurs ont expliqué le succès de sa théorie : celui d'avoir su donner le bon nom, celui que tout le monde retient pour baptiser la protéine qu'il avait découverte. Partant des deux mots-clés « *protéin* » et « *infectieux* », il bricole le terme « *prion* » qui fait florès.

Son seul centre d'intérêt en dehors de la science est la lecture de biographies ou d'auto-biographies. La dernière qu'il ait lue est celle de Ben Bradlee, rédacteur en chef du *Washington Post* de 1965 à 1991 : « Après que son journal eut révélé, grâce à Bernstein et Woodward, le scandale du Watergate, il cherchait avec acharnement à rééditer ce coup de maître. Comme pour moi après le prion. Le deuxième acte serait de mettre au point un traitement. »

Il s'y emploie, collaborant notamment avec la holding pharmaceutique japonaise Daiichi Sankyo, alors que jusqu'ici la quasi-totalité des médicaments contre les maladies neurodégénératives ont échoué. Un défi de longue haleine qu'il entend relever tout en se déclarant préoccuper par les difficultés que rencontrent les jeunes chercheurs : « Nous, scientifiques, sommes incapables de constater un système où l'on puisse prendre les meilleurs jeunes et financer leurs recherches. Finalement, mener une recherche dépend moins de la qualité du scientifique que de sa capacité à trouver des fonds. »

## Le bombardier en a dans le ventre

ZOOLOGIE



NATHANIEL HERZBERG

A lerte ! Cet animal est dangereux. Vous l'approchez, l'air de rien, et le voilà qui lance un jet brillant et toxique avec une puissance et une précision diaboliques. La main humaine s'en brime avec une légère trace brune. Mais la fourmi mal intentionnée s'en trouve étourdie voire laissée sur le carreau. Depuis un demi-siècle, ce miracle de technique a fait l'objet d'innombrables conjectures, scientifiques mais aussi philosophiques. Une équipe du Massachusetts Institute of Technology (MIT) vient de lever les derniers mystères du mécanisme et publie ses résultats dans la revue *Science*.

Une précision : le « scarabée bombardier », comme on l'appelle souvent, n'est pas un scarabée mais un carabe. Cette famille de coléoptères compte quelque 20 000 espèces connues. Pas question de lui retirer un de ses flurons. Exit donc le scarabée, reste le bombardier. Car l'essentiel de *Brachini* est cette arme incroyablement qui fait sa particularité. Thomas Eisner (1929-2011), entomologiste américain, père de l'écologie chimique, avait déjà décrit les propriétés biologiques et chimiques du dispositif caché dans l'abdomen de l'animal. Celui-ci est composé de deux chambres. Dans la première, l'animal stocke un mélange de peroxyde d'hydrogène – l'eau oxygénée – et d'hydroquinone, un agent réducteur employé pour le développement photographique. Qu'un prédateur approche et le bombardier envoie le liquide dans une chambre de réaction où l'attend un catalyseur. L'explosion est immédiate : un jet de vapeur corrosive est dirigé vers le canal de sortie à 10 m/s – la vitesse d'un sprinteur de 100 m – et à une température de 100 °C.

D'autres coléoptères disposent d'instruments de défense, odorants ou aïdés. Mais le bombardier concentre deux propriétés uniques : son jet est dirigé et, surtout, pulsé. Autrement dit, « ce qui ressemble à un flot continu est une succession de petites explosions qui surviennent à une fréquence comprise entre 350 et 1 000 Hz », soit autant de micro-explosions par seconde, précise Eric Arndt, chercheur au département d'ingénierie et des sciences des matériaux du MIT et premier signataire de l'article.



Un carabe bombardier en action.

CHARLES HEDGECOCK/2015, WENDY MADON

Grâce à l'utilisation des images à rayons X produites par un synchrotron, l'équipe du MIT a pu détailler le processus. A l'arrivée de l'assailant, l'animal rapproche les deux chambres et ouvre une première fois la valve qui les sépare. Une gouttelette du mélange d'environ 200 microns est libérée. Au contact du catalyseur, elle se vaporise et la gaz se dilate. Si l'essentiel de la chambre d'explosion est composée d'une cuticule rigide, sorte de membrane interne de la carapace, une petite portion, plus souple, s'étend sous la pression. Ce qui conduit à fermer la valve. Le jet est envoyé vers la sortie. La pression retombe, la valve s'ouvre, et une nouvelle gouttelette passe.

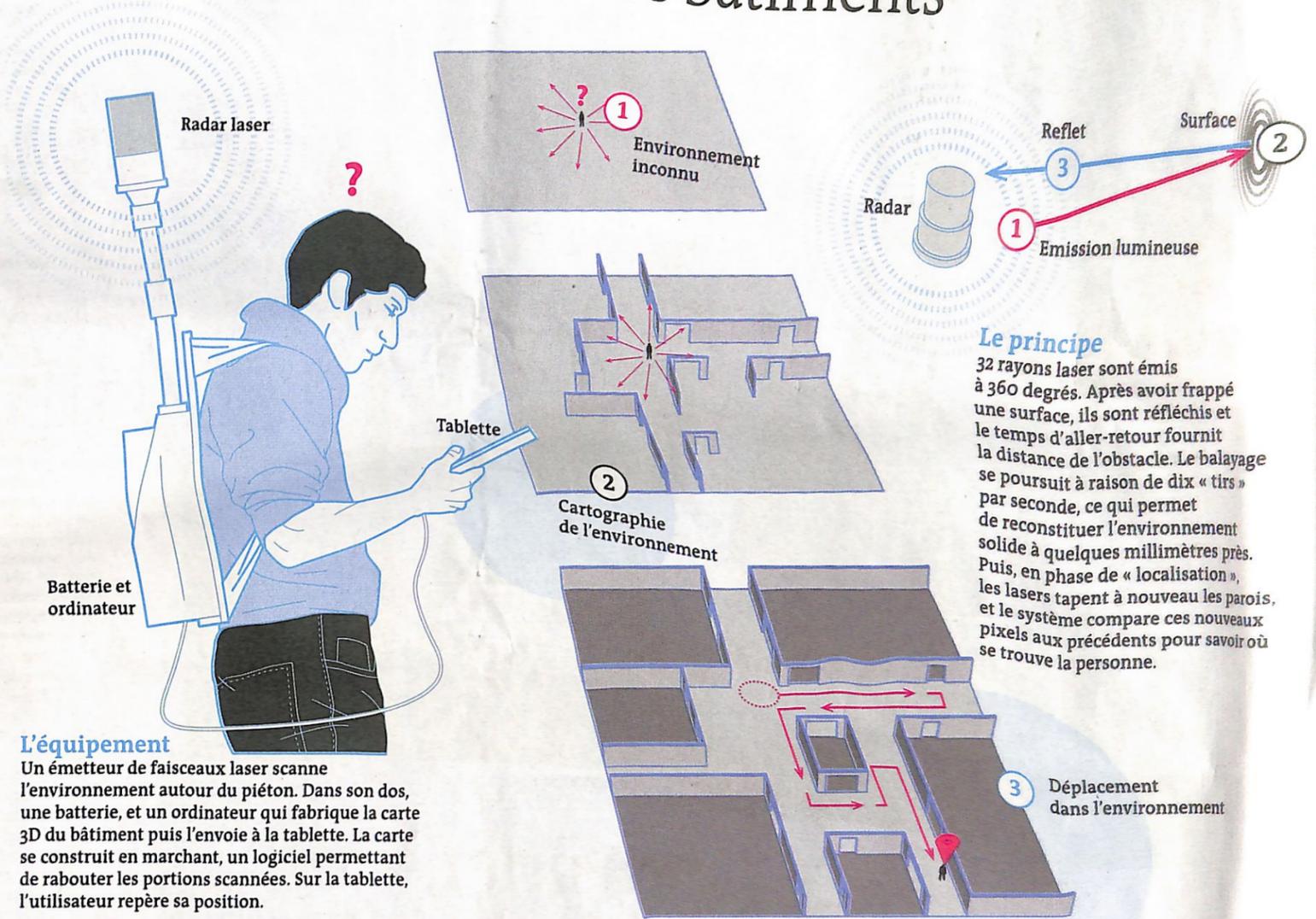
« Jamais on n'avait décrit le processus de cette façon », enthousiasme Thierry Veauve, responsable des collections de coléoptères au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Le département de la défense américaine, qui a soutenu le projet, devrait lui aussi applaudir. « C'est une arme à la fois très efficace et très économe en énergie. Pour un drone, ça peut être précieux », explique Eric Arndt. Les créationnistes, en revanche, en seront pour leurs frais. Longtemps, ces adversaires de l'évolution ont utilisé le petit animal pour nourrir leurs thèses. Quelles « étapes » avaient bien pu aboutir à la production d'un tel mélange mis en contact avec le catalyseur (d'où ? Les évolutivistes ont depuis répondu. Les chercheurs du MIT enfoncent un dernier clou dans le cercueil. Passer du jet continu – courant chez les coléoptères – au jet pulsé du bombardier ne nécessite que des changements « mineurs ». Darwin respire. ■

# Un GPS qui fonctionne même dans les bâtiments

Pour beaucoup, désormais, le GPS est indispensable pour se repérer. Sauf en intérieur, car les ondes des satellites ne sont plus reçues. Les efforts redoublent donc pour trouver la technologie permettant de s'orienter dans un parking, un centre commercial ou des bâtiments industriels.

La société Microsoft a organisé, du 13 au 17 avril, à Seattle, une compétition pour mesurer les performances de 23 équipes dans un espace de 2 000 mètres carrés. L'équipe victorieuse est celle du Centre européen de recherche d'Ispre (Italie) avec 20 centimètres de précision en moyenne sur les 20 points de contrôle. Les équipes suivantes ont affiché des résultats dix fois moins précis. Le système gagnant fait même mieux que ceux qui nécessitent au préalable d'équiper les lieux – par des émetteurs radio ou ultrasonores, par exemple. La technique utilise un radar laser qui balaie l'espace afin de cartographier les obstacles ; en une heure, les 2 000 mètres carré sont scannés. Elle peut même indiquer des changements du décor. « Nous n'avons pas développé cette technologie pour le grand public, mais pour l'inspection de bâtiments sensibles comme les centrales nucléaires. L'Agence internationale de l'énergie atomique va d'ailleurs l'utiliser », explique Vitor Sequeira, de l'Institut des éléments transuraniens, à Ispre. ■

DAVID LAROUSSERIE



SOURCES : VITOR SEQUEIRA, IRC

Pour les spécialistes en oncologie Christian Chabannon, Boris Calmels et Emmanuelle Rial-Sebbag, des succès cliniques confirment l'essor de l'immunothérapie. Mais des questions d'ordre réglementaire, logistique et financier restent en suspens

## En cancérologie, les CAR T-Cells ouvrent une nouvelle route

TRIBUNE

La publication récente dans de prestigieux journaux médicaux de rémissions observées chez des patients atteints de tumeurs sanguines considérées comme incurables suscite des espoirs dans la communauté des malades, des professionnels de santé et des industriels de la pharmacie et des biotechnologies. Plusieurs études montrent des résultats cliniques spectaculaires pour des leucémies aiguës lymphoblastiques ou des lymphomes malins non hodgkiniens à des stades très avancés. Il s'agit d'observations remarquables par l'efficacité thérapeutique, par la nature même du traitement – une thérapie cellulaire combinée à une thérapie génique – et par la présence forte d'acteurs industriels dans ce domaine des thérapies cellulaires jusqu'alors presque exclusivement réservé à des infrastructures hospitalières ou appartenant à des établissements de transfusion.

Les malades ont reçu un traitement constitué par leurs propres lymphocytes T (« autologues »), ayant fait l'objet d'une modification génétique en laboratoire avant de leur être réadministrés. A la suite de cette manipulation génétique, les lymphocytes expriment un récepteur artificiel composite (*chimeric antigen receptor*, ou CAR) capable de reconnaître une protéine exprimée à la surface des cellules cancéreuses. Les lymphocytes T génétiquement modifiés (CAR T-cells) sont dotés de fonctionnalités améliorées et se comportent comme des « têtes chercheuses » reconnaissant la cible protéique exprimée par les cellules tumorales avant de les détruire.

Leur administration induit une proportion impressionnante de réponses cliniques compte tenu de la gravité intrinsèque des maladies considérées. Une partie des patients présentent également des effets indésirables aigus sévères incluant de la fièvre, des variations de la tension artérielle et des signes neurologiques, ce qui nécessite une gestion sophistiquée assurée par des services de soins spécialisés, voire des unités de réanimation. Les effets indésirables sont en partie liés à la libération de molécules pro-inflammatoires.

Ces succès cliniques prometteurs confirment l'essor d'immunothérapies (thérapies fondées sur l'utilisation du système immunitaire pour lutter contre une maladie) efficaces en cancérologie, que celles-ci soient médiées par des molécules, des anticorps monoclonaux ou des thérapies cellulaires. Ces approches thérapeutiques vont rapidement modifier les pratiques médicales.

Historiquement développés par les acteurs de la recherche publique, ces nouveaux outils consacrent également le grand retour des industriels de la

pharmacie dans le champ des thérapies cellulaires et géniques. Des acteurs historiques – Novartis, GSK, Pfizer, Janssen, Amgen ou Celgene – investissent des sommes considérables dans la validation clinique des CAR T-cells, et plus de vingt sociétés de biotechnologie, telles que Juno, Kite Pharma, Bluebird Bio ou le français Cellectis, mettent à profit ces résultats cliniques exceptionnels et leur médiatisation pour valoriser leurs technologies de manipulations génétiques ou d'ingénierie cellulaire.

La capitalisation boursière de ces nouveaux acteurs industriels est en pleine croissance, ce qui suggère qu'ils entrevoient pour la première fois l'espoir qu'un marché et des perspectives de profits puissent émerger pour ces produits thérapeutiques issus de cellules d'origine humaine. Les perspectives sont d'autant plus alléchantes que ces approches pourraient être appliquées non seulement aux cancers hématologiques – relativement rares –, mais également à des cancers plus répandus comme ceux du poumon ou de la prostate.

**Les perspectives sont d'autant plus alléchantes que ces approches pourraient être appliquées non seulement aux cancers hématologiques, mais aussi à des cancers plus répandus comme ceux du poumon ou de la prostate**

Ces avancées se concrétisent néanmoins toujours dans le cadre de partenariats avec des centres de recherche académiques, majoritairement aux États-Unis, au sein d'institutions prestigieuses ayant une longue antériorité dans le domaine de l'immunothérapie, telles que l'université de Pennsylvanie à Philadelphie, le Memorial Sloan Kettering Cancer Center à New York, le Fred Hutchinson Cancer Research Center à Seattle, ou encore le National Cancer Institute à Bethesda. Les équipes européennes de recherche clinique sont aujourd'hui (trop) peu présentes dans ce champ d'investigation, alors même que les observations et les outils biologiques nécessaires à l'émergence de ces thérapies innovantes ont été réalisés pour une partie significative d'entre eux, et il y a parfois plusieurs décennies, dans des centres de recherche du Vieux Continent.

Le modèle des CAR T-cells suscite des interrogations de nature réglementaire, logistique et financière : comment ces « médicaments de thérapies innovantes » seront-ils, d'une part, qualifiés par les agences sanitaires, et, d'autre part, produits à grande échelle lorsqu'ils obtiendront une autorisation de mise sur le marché (AMM) des autorités sanitaires en Europe ?

Le schéma habituel de production automatisée par lots de plusieurs centaines d'unités ne s'applique pas aux cellules autologues et demandera en conséquence aux industriels du médicament d'innover sur les circuits de production et de distribution. Le modèle des unités de thérapie cellulaire « académiques », qui assurent à une échelle locale, et réduite, la mise à disposition des greffons de « moelle osseuse » sans modifier les fonctions biologiques des cellules prélevées, n'est ici plus applicable. Des sites industriels spécialisés sont déjà en développement.

Comment ces sites de production organiseront-ils leurs interfaces avec les établissements de soins assurant la prise en charge des patients candidats à ces traitements ? Les lymphocytes T autologues devront être prélevés au sein d'établissements de soins, puis acheminés vers le site industriel, parfois sur de très longues distances, avant d'être retournés aux hôpitaux, ce qui nécessitera une collaboration étroite entre acteurs industriels et académiques pour sécuriser cette logistique de précision.

De nouveaux partenariats public-privé devraient se développer afin d'assurer la pérennité de ce modèle inédit. Le circuit de ces produits devra être établi et sécurisé au sein des établissements de santé, notamment quant au rôle des pharmacies hospitalières : c'est à elles que revient la mission – et le monopole en France – d'assurer la distribution des médicaments. En contrepartie, elles devront acquérir les compétences spécifiques pour la manipulation finale de ces thérapies cellulaires dont la viabilité devra être préservée jusqu'à l'administration au malade.

Enfin, se posera inévitablement la question du coût de ces thérapies, de toute évidence onéreuses. Le prix définitif ne sera connu qu'après l'octroi d'une autorisation de mise sur le marché par l'Europe, et la définition des conditions de remboursement par les autorités nationales, mais il devrait être au moins comparable aux prix des derniers médicaments commercialisés issus des biotechnologies, soit plusieurs dizaines de milliers d'euros par patient. Il faudra examiner comment les systèmes de santé sous tension financière dans nos pays pourront en assurer l'accès aux patients, et mesurer la place que conquerront ces outils thérapeutiques innovants. ■

Christian Chabannon est professeur de biologie cellulaire à l'université d'Aix-Marseille, responsable du centre de thérapie cellulaire de l'Institut Paoli-Calmettes et du Centre d'investigations cliniques en biothérapies (CBT-1409 Inserm), à Marseille.

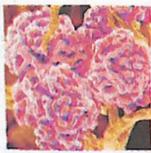
Boris Calmels est pharmacien, responsable de la production des préparations de thérapie cellulaire de l'Institut Paoli-Calmettes et du CBT-1409 Inserm, à Marseille.

Emmanuelle Rial-Sebbag est chargée de recherches Inserm au sein de l'UMR 1027 Inserm-université Toulouse-III, coordinatrice du projet européen EUCell.

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre ouverte au monde de la recherche. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr



**« Melissa » pour la vie dans l'espace**  
Destinée à assurer l'autonomie ainsi que la survie des spationautes, une expérience unique au monde est conduite à Barcelone. PAGE 2



**Régime sans gluten pour les reins**  
L'état de souris atteintes de la maladie de Berger s'est amélioré après le retrait du gluten de leur alimentation. Reste à vérifier ces effets chez l'homme. PAGE 3



**Contre les dogmes** Le Prix Nobel Stanley Prusiner raconte dans ses Mémoires sa découverte du prion, en dépit du scepticisme de nombreux scientifiques. Portrait. PAGE 7

# Pour ou contre la génomique personnelle

Le succès croissant des analyses du génome en libre accès aux Etats-Unis agite la communauté scientifique. Notamment sur des questions de nature médicale, éthique, technique et de fiabilité. Deux généticiens français, Jean-Louis Mandel et Patrick Gaudray, confrontent leurs points de vue.

PAGES 4-5



Des scientifiques travaillant sur des séquences d'ADN (vue d'artiste). MIKE AGLIOLO/BSIP

## Les ressorts de la punition altruiste



CARTE BLANCHE

Angela Sirigu

Neuroscientifique,  
directrice de recherche  
Centre de neuroscience  
cognitive  
(CNRS-université Lyon-1)  
(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

Je m'abstiens en général de puiser le thème de cette chronique dans l'actualité. Mais il était difficile de résister, au vu d'un récent emballement médiatique, à l'envie d'évoquer une notion paradoxale élaborée par les anthropologues et les économistes. Le 27 avril au soir, dix heures après sa parution sur *Lemonde.fr*, un lecteur toutes les treize secondes avait recommandé la lecture de l'article relatant les fabuleuses notes de taxi de la désormais ex-PDG de l'Institut national de l'audiovisuel, et un contributeur toutes les deux minutes en moyenne avait éprouvé le besoin de publier un commentaire indigné, ironique ou désabusé. De nombreux internautes se sont aussi félicités de la punition ministérielle infligée dès le lendemain. Pourquoi autant de réactions sur une affaire finalement assez banale ? Ce mouvement collectif spontané illustre merveilleusement la punition par tiers interposé, dite « altruiste » et considérée par certains comme une des clés de notre espèce, dont la survie repose largement sur les échanges sociaux. En effet, si l'évolution des sociétés humaines a pu en partie être poussée par la coopération entre individus génétique-

ment proches ou par une motivation utilitariste (le gain personnel), ce serait plutôt la punition altruiste qui aurait favorisé la réciprocité forte et la constitution de groupes sociaux à grande échelle. La coopération comme comportement émergent de la punition peut sembler contradictoire. En fait, la crainte de la punition qui peut ternir la réputation d'un individu agirait comme levier dissuasif d'infraction aux normes sociales. Le caractère altruiste de la punition renvoie au fait qu'il s'agit d'un acte désintéressé, voire coûteux. Alors qu'est-ce qui nous motive pour « punir » ? Quelques éléments de réponse viennent de la neuro-économie et des expériences d'échanges monétaires réalisées par l'équipe d'Ernst Fehr, à l'université de Zurich. Il ressort de ces travaux qu'une tierce personne inflige spontanément des pénalités financières à des individus jugés trop égoïstes ou qui refusent une coopération mutuellement avantageuse. L'acte punitif ayant un coût – une somme déduite de la cagnotte de l'observateur –, la probabilité du recours à la punition dépend du degré d'iniquité et de son caractère aversif. Ces deux

variables sont représentées au sein d'un réseau cérébral impliquant l'amygdale et l'insula antérieure qui sont associées aux affects négatifs, à l'empathie, ainsi qu'une région (le cortex cingulaire) qui joue un rôle-clé dans le processus de contrôle et de détection de conflit. La punition altruiste engendre quant à elle une satisfaction dont les corrélats cérébraux se traduisent par la réduction du niveau d'activité dans ces structures et l'activation d'un autre réseau situé dans les ganglions de la base et associé à la récompense. D'autres données, obtenues par l'équipe de Trevor Robbins, à l'université de Cambridge, montrent qu'une baisse provoquée du niveau de sérotonine, un messager chimique présent dans ces structures, diminue le seuil de tolérance à l'iniquité et favorise le recours à la punition altruiste. Le processus de coévolution gène-culture a fait émerger différents mécanismes de régulation des comportements sociaux, la punition altruiste apparaissant un peu comme la face obscure de la coopération humaine, mais elle a encore prouvé son utilité. Je suis certaine que, pour les commentateurs d'un soir, ça allait beaucoup mieux en le disant. ■

# Le voyage sur Mars commence en Espagne

ESPACE | Un écosystème visant à assurer la survie des astronautes en mission est en cours d'élaboration à Barcelone. Cette expérience unique au monde entre, mi-mai, en phase de test avec des animaux

OLIVIER DESSIBOURG (« LE TEMPS »)

**G**ros, fins, des tuyaux gris partout. Des cuves, des vannes, des câbles, et deux cylindres remplis d'un fluide vert où filent des bulles. Tout autour, des parois en plastique transparent. Les traversent des hommes habillés en bleu de pied en cap. Un décor presque de science-fiction pour une vision nommée « Melissa » : celle d'un système « en boucle fermée » servant à générer eau, oxygène et nourriture tout en recyclant le CO<sub>2</sub> et les déchets produits par l'équipage d'un potentiel vaisseau spatial en route vers Mars !

Dans ces laboratoires de l'Université autonome de Barcelone (UAB), voilà vingt ans que les chercheurs mettent au point ce qui deviendrait le système de survie idéal pour les périple interplanétaires. A partir du 13 mai, cette expérience unique au monde entrera dans sa phase concrète : des êtres vivants (à quatre pattes) seront introduits dans cet « écosystème clos artificiel » pour le mettre à l'épreuve.

« L'idée est d'imaginer un aller-retour vers la Planète rouge de 1000 jours, dit Christophe Lasseur, de l'Agence spatiale européenne (ESA), responsable de l'expérience Melissa (pour Micro-Ecological Life Support System Alternative). Chacun des six membres d'équipage consomme au quotidien 1 kg de vivres, 1 kg d'oxygène et 3 kg d'eau. Au total, cela ferait 30 tonnes à transporter. Sans parler de l'eau d'hygiène. C'est considérable ! Il s'agit donc de recycler les déchets pour réduire la masse embarquée au décollage. »

Plus facile à dire qu'à réaliser. D'abord, le fonctionnement d'un écosystème complet s'avère très complexe à reproduire ; pour preuve, l'expérience grandeur nature Biosphere2, installée sous cloche en 1991 en Arizona (Etats-Unis), s'est soldée par un fiasco. Ensuite « parce qu'il faut satisfaire aux contraintes de sécurité du spatial. Elles sont déjà immenses pour faire voler un simple élément électronique. Alors, pour des systèmes hébergeant des or-



Vue du troisième compartiment, destiné à produire des nitrates pour les algues.

O. DESSIBOURG

Le dernier abrite l'équipage – ici, des rats, « qui vivent dans un environnement tout confort pour ne pas les stresser », assure Enrique Peiro, le directeur technique. « A terme, l'expérience sera menée avec 40 d'entre eux, qui consommeraient autant d'oxygène qu'un homme. » Au début, il n'y en aura que quatre. D'ici peu donc, leur habitat sera connecté avec un autre module, qui produira l'oxygène que respireront ces rongeurs tout en recyclant le CO<sub>2</sub> qu'ils expireront. Ce module contient des micro-algues vertes, des spirulines, qui croîtront dans les cylindres trônant dans l'une des « salles blanches » de l'UAB. « Nous travaillons en sillon hautement défini pour éviter les pathogènes qui ruinerait l'expérience », justifie Christophe Lasseur.

Plus tard, selon le protocole, ce vivier d'algues sera alimenté par les composés minéraux et l'engrais (nitrates) générés à l'aide de bactéries dans un autre segment. Cette « fabrique à nutriments » sera elle-même approvisionnée avec l'urine de l'équipage et les produits de dégradation issus de deux premiers compartiments chargés, eux, de transformer les déchets (végé-

taux, fèces...). De plus, en parallèle au compartiment « algues », sera installée une serre dans laquelle seront cultivées des plantes comestibles (laitues, betteraves...). Un circuit clos d'où rien ne sortira et où rien n'entrera, en principe.

Seulement voilà, « les rats ne sont pas prévisibles. S'ils dorment, ils consomment moins d'oxygène que s'ils s'agitent », poursuit Christophe Lasseur. Les ingénieurs ont donc dû mettre au point des éléments de contrôle permettant de gérer la production d'oxygène, donc de facto le cycle de développement des algues. Et, avant cela, ils ont dû bien comprendre ce dernier ainsi que les paramètres qui l'influencent. « Ce n'est là qu'un exemple. En fait, dit l'expert, nous décrivons en détail chacun des processus chimico-biologiques en jeu dans tous les compartiments. Puis nous mettons en équation et en modèles tous ces processus, car nous voulons contrôler et prédire avec des lois mécanistiques ce qui se passe si un quelconque paramètre change – le pH ou le taux de CO<sub>2</sub>, chez les micro-algues par exemple. » Les recherches étiquetées Melissa ont ainsi déjà généré plus de 200 articles

scientifiques. « Après que nous aurons validé nos modèles en les utilisant sur nos instruments géant les compartiments, nos expériences seront extrapolables », souligne M. Lasseur.

Dès lors, la tâche la plus difficile restera à venir. « Connecter deux compartiments, c'est gérable. Mais lorsque nous passerons à trois, puis quatre et cinq, la complexité s'amplifiera, relève Christophe Lasseur. Il faudra que les modèles mathématiques décrivant et géant chaque processus biochimique "se parlent" pour que toute la boucle fonctionne comme une seule entité. » Les scientifiques traquent donc les « degrés de liberté », soit les interventions possibles qui leur permettent – comme on met de l'huile dans les rouages d'une machine – d'agir pour s'assurer que la leur ne se grippe pas. « Par exemple, la lumière nécessaire à la croissance des algues, mais qui n'apparaît pas dans la boucle de lois d'actions de l'écosystème Melissa : comme elle est externe, nous pourrions la contrôler nous-mêmes. »

Pour l'heure, la boucle est loin d'être bouclée. L'équipe prévoit 18 étapes de connexions diverses entre les cinq compartiments, au rythme idéal de deux par an. Pour autant que les moyens suivent. Et Christophe Lasseur de déclarer : « Je compare notre projet à la Sagrada Família », la basilique de Gaudí érigée dès 1882 à Barcelone. « Nos travaux avancent en fonction des budgets et des cycles de collaborateurs, qui se calquent souvent sur la durée des thèses de doctorat. » A ce jour, l'ESA finance 60 % du projet (environ 5 millions d'euros par an) pour la centaine de chercheurs de 30 organisations dans 15 pays d'Europe. Et l'Espagne contribue à la moitié du site pilote, inauguré en 2009. « Même avec le double d'argent, je ne suis pas sûr que l'on irait deux fois plus vite. »

Comme les bâtisseurs de cathédrales, l'homme espère voir aboutir un jour « son » projet. Qui est déjà utile : « Nous avons acquis une expérience dans la maîtrise des contaminations microbiologiques ; ce sont nos équipes qui ont nettoyé l'intérieur des vaisseaux de ravitaillement automatisés ATV de l'ESA. Des senseurs de Melissa sont utilisés dans la production viticole.

Et des stations d'épuration exploitent des procédés de nitrification des eaux sales issus du projet. Nous gagnons surtout des connaissances cruciales pour les futurs voyages interplanétaires. »

Dans ce domaine, « la Chine développe une boucle fermée similaire, sans que l'on ait beaucoup d'informations, dit le chercheur. Et les Russes ont un projet (BIOS), mais il a souffert des réorganisations politiques. » Les Japonais s'étaient lancés, « mais ont réorienté leurs activités vers l'écotoxicologie en cas d'incident nucléaire ». Quant à la NASA, outre des expériences de « potagers spatiaux » et ses acquis en recyclage de l'eau et de l'oxygène, appliqués sur la Station spatiale internationale, « elle n'a plus de projet de boucle complète ».

Enfin, qu'en est-il d'un « écosystème clos artificiel » abritant des êtres humains, cette fois ? « C'est un projet, nommé Fipes ou Oikosmos, qu'on évoque à l'ESA mais qui serait d'une autre dimension, financière, sécuritaire, éthique. Quand ? Vers 2025, j'aimerais bien », conclut Christophe Lasseur. ■

## Le système Melissa générerait eau, oxygène et nourriture tout en recyclant le CO<sub>2</sub> et les déchets produits par l'équipage d'un vaisseau

ganismes vivants... », ajoute le chercheur. D'où l'intérêt de comprendre les rouages d'un écosystème dans ses infimes détails.

« Imaginons un lac où vivent des millions d'espèces, dont on décrirait toutes les fonctions séparément (recyclage des gaz et végétaux, production de nutriments, minéraux, etc.), explique-t-il. Les comprendre toutes, et l'on pourrait reconstruire de novo et gérer un tel lac. » Ainsi, l'expérience Melissa a été pensée en cinq compartiments.

## Des nanoparticules ouvrent la porte du cerveau

Une expérience sur la barrière hémato-encéphalique donne l'espoir de traiter avec plus de précision les maladies neurologiques

**D**es chercheurs de l'École polytechnique et de l'université de Montréal ont développé des nanoparticules magnétiques capables d'ouvrir temporairement la barrière hémato-encéphalique. En conséquence, des médicaments pourraient être administrés directement dans le cerveau. Lors de leurs tests sur des rats, publiés fin mai dans le *Journal of Controlled Release* (consultable en ligne depuis fin février), seront validés sur l'humain, cette découverte pourrait révolutionner la médecine du cerveau. Elle ouvre la voie à des traitements ciblés et sans chirurgie de tumeurs difficiles d'accès, ou contre des maladies neurologiques ou dégénératives, Alzheimer et Parkinson en tête, voire des accidents vasculaires cérébraux (AVC)...

La barrière hémato-encéphalique, membrane qui sépare le

sang du liquide céphalorachidien, était jusqu'à présent considérée comme un mur contre lequel se heurtaient la quasi-totalité des médicaments. C'est à ce mur qu'un jeune ingénieur biomédical, terminant son doctorat à l'École polytechnique de Montréal a décidé de s'attaquer. Nasrollah Tabatabaei ouvre la porte « fabriquée la clé pour ouvrir la porte », avec l'aide de son directeur de recherches, Sylvain Martel, expert mondial en « navigation » de nanoparticules.

### Téléguider des médicaments

Ce dernier travaille depuis dix ans à la mise au point de nanotechnologies pharmaceutiques et à leur « transport » dans le corps humain. Grâce aux appareils d'imagerie par résonance magnétique (IRM), on peut désormais téléguider des médicaments vers des tumeurs, tout en limitant les effets secondaires de traitements agres-

sifs comme la chimiothérapie. Son équipe a notamment été la première à démontrer qu'on pouvait contrôler à distance des nanorobots porteurs de médicaments vers des cibles précises, comme le lobe d'un foie avec tumeur cancéreuse – découverte publiée dans la revue *Biomaterials* en 2011.

Pour le cerveau, la tâche était plus compliquée. M. Tabatabaei a utilisé des nanoparticules ferriques, aux propriétés magnétiques, bio-compatibles et bien connues pour augmenter l'intensité des images par résonance magnétique. Injectées par cathéter dans la carotide jusqu'à la région du cerveau souhaitée, elles se collent à la surface de la barrière hémato-encéphalique. Un champ magnétique alternatif est appliqué auquel les nanoparticules d'environ 20 nanomètres (0,02 millième de millimètre) réagissent en libérant de la chaleur. Transmise à

la barrière, et seulement à elle, elle provoque une ouverture très localisée et temporaire, pendant deux heures, lors de cette expérience. De quoi laisser le temps d'injecter le bon médicament au bon endroit avant que la barrière ne se referme. « Les nanoparticules peuvent même transporter le médicament, souligne le chercheur, et le libérer une fois la porte ouverte ! »

La nouvelle approche est un « grand pas en avant », estime Hélène Girouard, autre signataire de l'étude et directrice de laboratoire de pharmacologie cérébrovasculaire de l'université de Montréal. Elle a un double avantage : « Parmi les grands problèmes en pharmacologie, il y a les effets secondaires de certains traitements comme la chimiothérapie. Ce qui est merveilleux avec cette technique, c'est qu'on limite leur toxicité, tout en permettant l'injection de

plus petites concentrations de médicaments. » Ouvrir une minibrèche pour un court laps de temps dans la barrière hémato-encéphalique lui semble aussi garantir que « sa fonction première est respectée ». La barrière protège le cerveau contre des pathogènes toxiques présents dans le sang ou des fluctuations de concentrations sanguines d'hormones, d'acides aminés et de potassium.

Dans la longue liste des pathologies cérébrales qui profiteraient de cette approche, Hélène Girouard identifie les AVC. Il n'existe qu'« un seul médicament, très toxique, pour y faire face, et on doit l'utiliser dans un délai maximum de trois heures après l'AVC ».

L'étude est certes préliminaire, note Jean-Marc Chillon, spécialiste de la circulation cérébrale à la faculté de pharmacie de l'université de Picardie. Il la juge néanmoins d'un « intérêt indéniable pour per-

mettre l'administration de thérapeutiques au niveau du système nerveux central, augmenter l'efficacité des traitements et diminuer leur toxicité par une réduction possible des doses administrées ».

Certains attendent en tout cas avec impatience les essais cliniques. Tels les oncologues de l'hôpital Sainte-Justine, à Montréal, démunis face à des enfants atteints de graves tumeurs cérébrales, comme le glioblastome, cancer souvent inopérable, et une espérance de vie variant de six mois à un an. Mais il faut attendre « deux à cinq ans », estime M. Tabatabaei, le temps de compléter les études sur l'optimisation de la puissance des champs magnétiques, la taille des nanoparticules à utiliser et la validité de la technique pour différents modèles de tumeurs cérébrales.

ANNE BRÉLAND  
(MONTRÉAL, CORRESPONDANTE)