



Foto: Stock Photo/Aleksandar Milosevic

Soluções que se escondem por trás dos números

Vilma Homero

Pesquisadores trabalham para melhorar o aprendizado básico da Matemática e também contribuem para solucionar problemas que, muitas vezes, parecem ter pouco a ver com a matéria

No que depender do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Matemática (INCTMat), muito em breve a Matemática deixará de ser o “bicho-papão” dos estudantes. Pelo contrário, uma das metas mais importantes para o professor Jacob Palis, coordenador do INCTMat, é programar uma boa melhora para o ensino da disciplina e descobrir talentos entre alunos do Ensino Médio. Mas essa é apenas uma das faces do instituto que, além da difusão e popularização da Matemática entre os jovens, procura desenvolver pesquisas que tanto envolvem questões conceituais de alta complexidade como projetos com aplicações em situações bastante diversas. O que pode significar traçar cálculos de modelagem ambiental para saber o quanto um

tsunami poderá avançar terra adentro; ou desenvolver, no braço de uma guitarra, um dispositivo multitoque fundamentado na representação da escala cromática de notas; ou ainda elaborar um equipamento visual, batizado como Visorama, que permite ao usuário interagir com imagens panorâmicas em um ambiente multimídia, incluindo sons e vídeos. Diversidade que o professor Palis, Cientista do Nosso Estado da FAPERJ, descreve como um “caleidoscópio de pesquisas”.

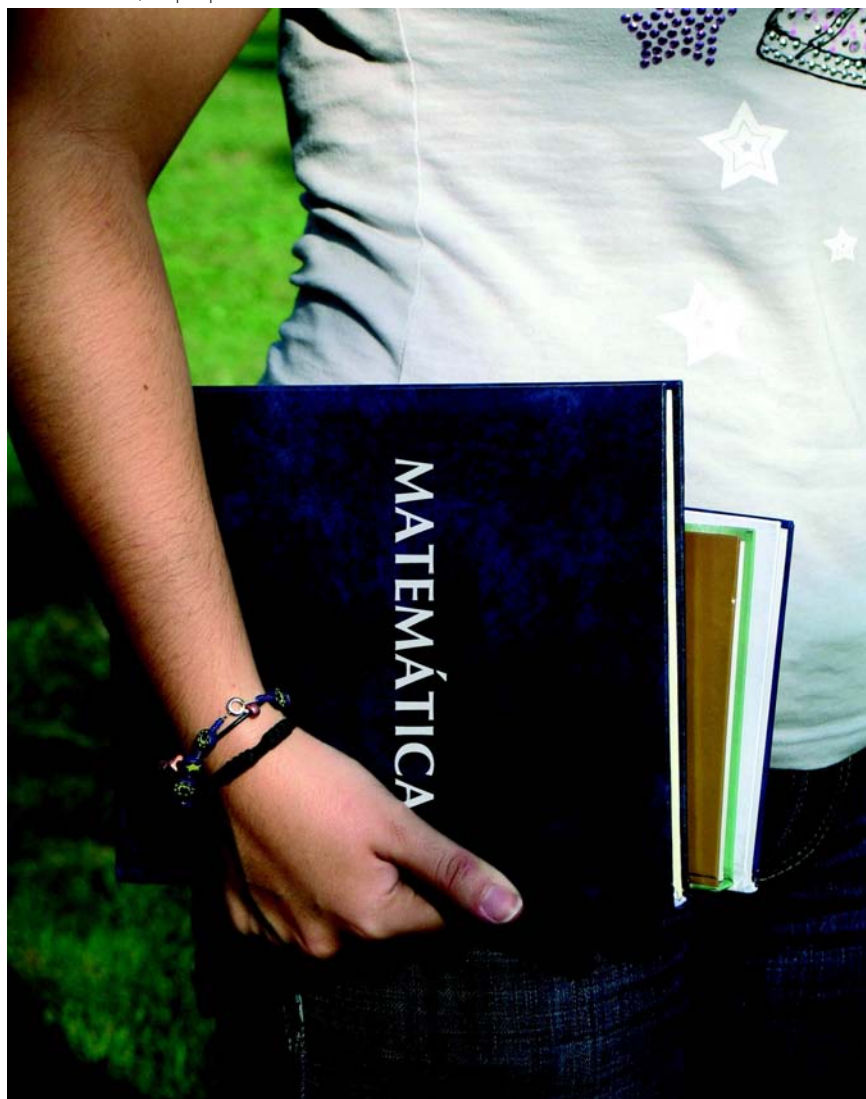
“Temos a ambição de ser abrangentes, mas também de trabalhar em profundidade”, diz o pesquisador,

matemático reconhecido internacionalmente, presidente da Academia Brasileira de Ciências (ABC) e com um extenso currículo que inclui a participação em diversas entidades de prestígio no País e no exterior. Palis vem coordenando o INCTMat, que tem sede no Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa), no Rio de Janeiro, e, nestes três anos de existência, conta com parcerias com grupos de pesquisa em instituições em vários estados, como Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio), Universidade de Brasília (UNB), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Instituto Militar de En-

genharia (IME), Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), *campus* São Carlos da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Ceará (UFCE) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O INCTMat abrange, ainda, os chamados *Centros em Desenvolvimento*, ligados a universidades federais de 13 estados, com projetos de implantação de outros seis – quatro deles em Minas Gerais (São João del Rey, Ouro Preto, Lavras e Juiz de Fora), e outros dois em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Entre as atividades desenvolvidas por esses *Centros em Desenvolvimento* está o planejamento de visitas de pesquisadores de outras instituições nacionais ou do exterior, a participação de seus membros em eventos e atividades de pesquisa em outros centros nacionais, e a aquisição de um número mínimo de livros de Matemática para suas bibliotecas e de equipamentos computacionais.

Diga-se de passagem, que o INCTMat reúne a nata dos pesquisadores do setor. Forte em áreas clássicas da Matemática, como sistemas dinâmicos, na qual atua com destaque o professor Palis, o instituto desenvolve, por exemplo, estudos em campos tão distintos, como álgebra e geometria algébrica; sistemas dinâmicos; geometria diferencial; equa-

Foto: Stock Photo/Sanja Gjenero



Popularizar o ensino da Matemática entre os jovens e descobrir novos talentos na área é um dos principais desafios do INCTMat

ções diferenciais parciais; probabilidade; física-matemática e geometria simplética; topologia e singularidade; matemática do petróleo: recuperação avançada, em águas profundas, de danos ambientais e prevenção de mudanças climáticas; modelagem ambiental; economia matemática; linguística probabilística; otimização contínua; computação visual; modelagem de fenômenos biofísicos; e análise combinatória e algoritmos. Também atua no ensino de Matemática, na Olimpíada Brasileira de Matemática e tem cooperação com a América Latina. Apesar da pouca familiaridade que o leigo possa ter com expressões como “geometria algébrica”, ficamos sabendo que ela dá nome às operações que misturam geometria e álgebra. “Esta é, na verdade, uma das formas mais antigas de Matemática, que vem desde a escola de Alexandria. É o que dá origem aos códigos de segurança bancários, que se tornaram imprescindíveis na vida moderna”, explica Palis.

Essa vanguarda da Matemática – que mantém nos quadros-negros de cada uma das salas do Impa problemas escritos a giz, com a recomendação permanente de “Não apague” –, além de passar boa parte do tempo tentando resolver questões conceituais de alta complexidade, também vem se preocupando com o aprendizado básico da disciplina. Esta é, por sinal, uma das metas do INCTMat que mais tem entusiasmado o próprio Palis. “Queremos mudar substancialmente o panorama desse aprendizado no Ensino Fundamental e no Ensino Médio no País nos próximos anos”, afirma. E, para isso, há pressa. Para melhorar a qualidade do Ensino Médio, por exemplo, um projeto já em andamento une a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e a Sociedade Bra-

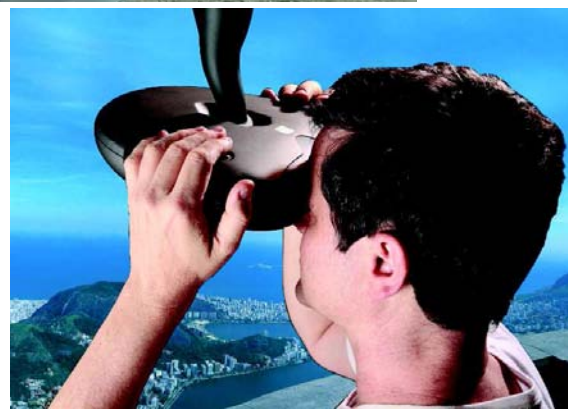
Fotos: André Parente



Visorama: equipamento elaborado pelo Impa que permite ao usuário interagir com imagens panorâmicas em um ambiente multimídia também é produto do INCTMat

sileira de Matemática (SBM), com a participação de universidades nas diversas regiões do País, particularmente as que contam com os *Centros em Desenvolvimento* do INCTMat. Essa parceria possibilitou a criação de cursos de mestrado profissional nessas universidades. Foi assim que, entre os 20 mil professores da disciplina inscritos no País, todos da rede pública, 1.200 foram selecionados em 2011. “Isso permite o aperfeiçoamento dos professores. É uma forma de, na prática, melhorar a qualidade do ensino”, avalia Palis.

Os participantes ganham bolsa, que, de acordo com seu desempenho no curso, poderão manter por um segundo ano. “A ideia é duplicar o número de integrantes para 2012. São programas que estão indo muito bem e que vão fazer diferença no médio prazo”, analisa. E acrescenta: “A SBM e a Capes desejam ampliar o número de professores-alunos nos próximos anos.” Outro ponto que Palis faz questão de destacar: os *Centros em Desenvolvimento*, que participam deste e de outros programas, não se concentram apenas nas grandes capitais. Hoje, al-



guns deles já contam com cursos de mestrado e doutorado conjunto em estados distantes dos grandes centros, como Amazonas e Pará, Bahia e Alagoas, Paraíba (Campina Grande e João Pessoa) e Goiás. Todos ligados às universidades federais em seus respectivos estados.

Iniciativa que também tem dado certo é a busca de jovens talentos, com a Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP), para estudantes até 15 anos da rede pública, e para a Olimpíada Brasileira de Matemática (OBM), que, desde 1978, reúne alunos de escolas públicas e particulares, para descobrir vocações nessa área. “Temos visto um interesse enorme, crescente, dos jovens em participar dessas competições. Hoje, a OBMEP, por



À frente do INCTMat, Jacob Palis promove o intercâmbio entre pesquisadores de diversos estados do País e do exterior, abrangendo um leque extenso de temas

exemplo, já conseguiu atrair mais de 20 milhões de estudantes para os dois testes que são realizados anualmente. E tem aparecido talentos jovens excepcionais”, anima-se Palis. E continua: “Estamos contribuindo para que a boa Matemática se espalhe pelo País. E essa mudança tem que ser pela qualidade, em iniciativas sérias e exemplares. Nossos estudantes vêm participando com bom desempenho de competições internacionais. Na América Latina, por exemplo, eles brilham”.

Se os estudantes têm mostrado um bom desempenho, os pesquisadores também não ficam atrás. Segundo o matemático, a média do índice de citações dos artigos de pesquisadores do INCTMat atualmente se equivale à média dos países desenvolvidos. Se internacionalmente observa-se uma forte carência no campo das Ciências Exatas – o que inclui tanto países como os Estados Unidos como o Brasil –, Palis é otimista com relação aos mecanismos que vêm sendo feitos para mudar a situação.

O leque de pesquisas em andamento também é extenso. Como mostra Palis, a Matemática permite um sem-número de aplicações distintas. Se a intenção é fazer previsões em áreas de tempo/clima ou de crescimento populacional, por exemplo, os pesquisadores do instituto podem empregar os cálculos de sistemas dinâmicos para traçar estimativas bastante aproximadas. “A partir de dados, como saber quantos casais férteis temos hoje, podemos estimar o tamanho da população em 2050. Claro que sempre há certo grau de incerteza, uma vez que sempre podem ocorrer fenômenos impre-

visíveis, como epidemias ou catástrofes naturais, capazes de alterar esse resultado”, explica o coordenador.

Estudos na área de Modelagem Ambiental, vários deles desenvolvidos como projetos conjuntos com o INCT de Mudanças Climáticas, visam ao desenvolvimento de aplicações, como o sequestro de gás carbônico (CO₂) no pré-sal. Os benefícios são óbvios: mudanças no modelo de exploração de modo a racionalizar a emissão de CO₂ na atmosfera contribuem para reduzir o volume de gases poluentes, responsáveis pelo efeito estufa e o aquecimento global. Isso vem sendo feito por meio de equações diferenciais parciais (EDPs). “Desenvolvemos uma base teórica que nos permite antecipar a viabilidade de certas aplicações. Seria um modo de se chegar a um modelo de exploração mais limpa, que é o que todos queremos”, entusiasma-se Palis. Ele explica que EDPs também são empregadas tanto em estudos de turbulência do ar em trabalhos em aerodinâmica como para analisar turbulência nas ondas do mar.

“É comum estudarmos fenômenos dinâmicos do ponto de vista

Foto: Mohammad Neyaz Hasan



Tsunami no Japão, em 2011: um dos objetivos do INCTMat é traçar cálculos de modelagem ambiental para saber o quanto um tsunami pode avançar terra adentro

conceitual para dar base a futuras aplicações”, diz o coordenador. No caso da dinâmica de fluidos, que estuda, entre os vários tipos, ondas, sejam elas marinhas (de superfície ou internas) ou de enchentes, o pesquisador André Nachbin, também Cientista do Nosso Estado da FAPERJ, vem trabalhando para entender como elas se comportam. “Comecei com ondas marinhas de superfície, analisando como elas atuam na região costeira, a distâncias entre 50 e 100 km da costa. Entram aí diversas variáveis, como a interação com a topografia submersa, altura e profundidade da onda (no caso das ondas internas). O exemplo mais palpável é avaliar o quanto um *tsunami*, ou um outro grande distúrbio marítimo, avançará por terra”, exemplifica Nachbin.

Ele explica que se trata de um problema difícil. “Nosso estudo se refere à fase anterior, quando a onda ainda está se aproximando da orla. Em geral, *tsunamis* não são fáceis de ser detectadas por satélite exatamente porque, a princípio, as ondas são pequenas, com altura de cerca de 1,5 metro, o que não provoca grandes deformações na superfície do mar. A questão é que elas são longas, podendo se estender em comprimentos de até 100 quilômetros. Normalmente, as ondas se formam distantes da praia e, ao se aproximarem da orla, crescem em altura e ganham mais força na arrebentação, o que as torna capazes de provocar grande destruição. Procuramos considerar todas essas questões”, explica Nachbin.

Outro alvo de Nachbin é ver como se comportam as ondas internas. Para quem não sabe, ondas internas são aquelas que viajam pelo oceano a maiores profundidades, geralmente em uma região de transição rápida de água quente para águas mais frias, conforme a profundidade aumenta. “Para simplificar, as ondas internas são



André Nachbin, do Impa: a partir da análise da propagação das ondas, como nos casos de enchentes de rios, ele procura inovações conceituais na teoria matemática

oscilações entre duas camadas de águas, ou seja, logo abaixo da camada que fica mais à superfície. Pelas diferenças de temperatura ou de salinidade, a camada de baixo é mais densa”, fala Nachbin. Ele esclarece ainda que essas ondas internas têm grande importância para a segurança de operações em alto-mar, como a exploração de petróleo em águas profundas, caso do pré-sal.

Como no Brasil são as enchentes o problema mais frequente, o pesquisador também direciona seus estudos para esse tipo de ondas. “Estamos analisando, por exemplo, o que pode acontecer quando uma onda de enchente em um rio chega a uma bifurcação, e como a dinâmica dependerá do ângulo dessa bifurcação. Por exemplo, quanto de volume de água vai para o trecho à direita ou à esquerda da bifurcação? E quais são os parâmetros determinantes nos possíveis modelos matemáticos (EDPs) que surgirão de nosso estudo?”, questiona Nachbin. Conhecer todos esses pontos, aliando à teoria matemática questões de matemática computacional, pode ajudar a prever as consequências e a intensidade de

uma inundação na cidade A ou na cidade B, localizadas em trechos depois da bifurcação. “Nosso projeto não é de prevenção. Trabalhamos para desvendar e analisar o conteúdo científico do processo, assim como fazer inovações conceituais do ponto de vista da Matemática, ou seja, da dinâmica dessas ondas. Mas, obviamente, suas possíveis aplicações trariam contribuições tanto para prevenir como minimizar os prejuízos em perdas econômicas e em vidas humanas”, afirma o pesquisador. Tudo isso, claro, graças à Matemática. ■

Pesquisador: Jacob Palis
Instituição: Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa)

Os INCTs foram criados em 2008, a partir de iniciativa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) – fruto de um programa nacional que conta com a participação do CNPq, da FAPERJ e de outras fundações estaduais de amparo à pesquisa, do Ministério da Educação (MEC), do Ministério da Saúde (MS), do BNDES e da Petrobras. São 123 INCTs implantados no País, e o estado do Rio de Janeiro é sede de 20 deles, em um investimento de cerca de R\$ 72 milhões (R\$ 36 milhões via FAPERJ).