

Tecnologia de apoio à aprendizagem

As tentativas de uso da informática para aprimorar a aprendizagem começaram com as iniciativas de pioneiros como Atkinson e Suppes.¹ A presença da informática nas escolas cresceu expressivamente desde então, e as previsões são de que essa tendência continue a acelerar.² A visão fantasiosa da tecnologia é que sua mera presença nas escolas melhorará a aprendizagem e o desempenho do aluno. Por outro lado, há quem considere os recursos despendidos com tecnologia e o tempo gasto pelos alunos usando tecnologia uma perda de tempo e dinheiro.³ Vários grupos reviram a bibliografia sobre tecnologia e aprendizagem, concluindo que ela tem um grande potencial de elevar o desempenho do estudante e a aprendizagem do professor, mas apenas se usada de modo apropriado.⁴

O que agora se sabe sobre a aprendizagem fornece diretrizes importantes para o uso da tecnologia, que podem ajudar os estudantes e professores a desenvolver as competências necessárias para o século XXI. As novas tecnologias oferecem oportunidades para a criação de ambientes de aprendizagem que ampliem as possibilidades

¹ Por exemplo, R. Atkinson, "Computerized Instruction and the Learning Process", em *American Psychologist*, nº 23, 1968; P. Suppes & M. Morningstar, "Computer-Assisted Instruction", em *Science*, nº 166, 1968.

² U.S. Department of Education, *National Assessment of Educational Progress (NAEP): 1994 Long-Term Assessment* (Washington: Office of Educational Research and Improvement, 1994).

³ Ver Education Policy Network, *The Daily Report Card, 5-12-1997*, disponível em <http://www.negp.gov>.

⁴ Por exemplo, Cognition and Technology Group at Vanderbilt, "Looking at Technology in Context: a Framework for Understanding Technology and Education Research", em D. C. Berliner & R. C. Calfee (orgs.), *The Handbook of Educational Psychology* (Nova York: MacMillan, 1996); President's Committee of Advisors on Science and Technology, *Report to the President on the Use of Technology to Strengthen K-12 Education in the United States* (Washington: U.S. Government Printing Office, 1997); C. Dede (org.), "Introduction", em *Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD) Yearbook: Learning with Technology* (Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development, 1998).

das “antigas” (mas ainda úteis) tecnologias (livros, quadros-negros e meios de comunicação lineares e unidirecionais, como programas de rádio e televisão) e abram novas possibilidades. No entanto, as tecnologias não asseguram a aprendizagem efetiva. Seu uso inadequado pode impedir a aprendizagem – por exemplo, se os estudantes passam a maior parte do tempo escolhendo tipos de fontes e cores para relatórios multimídia em vez de planejar, escrever e revisar suas idéias. Além disso, todos sabem quanto tempo os estudantes podem desperdiçar navegando na internet. Contudo, muitos aspectos da tecnologia facilitam a criação de ambientes que se ajustem aos princípios de aprendizagem discutidos neste livro.

Como diversas novas tecnologias são interativas, agora é mais fácil criar ambientes em que os estudantes possam aprender fazendo, receber feedback, refinar continuamente sua compreensão e desenvolver novo conhecimento.⁵ As novas tecnologias também podem ajudar as pessoas a visualizar os conceitos difíceis de entender, como a diferença entre calor e temperatura.⁶ Os estudantes podem trabalhar com softwares de visualização e modelagem, semelhantes às ferramentas usadas em ambientes não escolares, para aumentar sua compreensão e sua capacidade de transferir o que aprenderam para situações fora da escola (ver capítulo 3). Essas tecnologias também fornecem acesso a diversas informações, incluindo bibliotecas digitais, dados para análise e outras fontes de informações, feedback e inspiração. Podem aprimorar a aprendizagem dos professores e administradores, assim como dos estudantes, e aumentar o vínculo entre as escolas e as comunidades, incluindo aí os lares.

- Como veremos neste capítulo, as novas tecnologias podem ser utilizadas para:
- trazer para a sala de aula currículos estimulantes, baseados em problemas do mundo real;
 - proporcionar estruturas de apoio e ferramentas para favorecer a aprendizagem;
 - dar aos alunos e professores mais oportunidades de feedback, reflexão e revisão;
 - construir comunidades locais e globais, incluindo professores, administradores, estudantes, pais, cientistas profissionais e outras pessoas interessadas;
 - expandir as oportunidades de aprendizagem para o professor.

⁵ P. M. Greenfield & R. R. Cocking (orgs.), *Interacting with Video* (Greenwich: Ablex, 1996); B. J. Barron et al. & Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “Doing with Understanding: Lessons from Research on Problem and Project-Based Learning”, em *Journal of Learning Sciences*, 7(3 e 4), 1998; C. Bereiter & M. Scardamalia, *Surpassing Ourselves: an Inquiry into the Nature and Implications of Expertise* (Chicago/La Salle: Open Court, 1993); C. Hmelo & S. M. Williams (orgs.), *Learning through Problem Solving*, edição especial de *The Journal of the Learning Sciences*, 1998; Y. B. Kafai, *Minds in Play: Computer Game Design as a Context for Children's Learning* (Hillsdale: Erlbaum, 1995); D. L. Schwartz et al., “Toward the Development of Flexibly Adaptive Instructional Designs”, em C. M. Reigelut (org.), *Instructional Design Theories and Models*, vol. II (Hillsdale: Erlbaum, 1999).

⁶ M. C. Linn et al., “Shifts and Convergences in Science Learning and Instruction”, em R. C. Calfee & D. C. Berliner (orgs.), *The Handbook of Educational Psychology*, cit.

Um uso importante da tecnologia envolve sua capacidade de criar novas oportunidades curriculares e de ensino, ao trazer para a sala de aula problemas do mundo real para que os alunos analisem e resolvam (ver quadro 1). A tecnologia pode ajudar a criar um ambiente ativo, no qual os estudantes não apenas solucionem problemas, mas também descubram quais são os seus. Essa abordagem em relação à aprendizagem é muito diferente da das salas de aula típicas, em que os alunos gastam a maior parte do tempo aprendendo fatos em uma aula expositiva e resolvendo os problemas no final do capítulo.

A aprendizagem através do mundo real não é uma idéia nova. Por muito tempo, as escolas fizeram esforços esporádicos para dar aos estudantes experiências concretas por intermédio de estudos do meio, laboratórios e programas que associam trabalho e estudo. No entanto, essas atividades raramente estiveram no centro da instrução acadêmica, e não foram facilmente incorporadas às escolas por causa das limitações logísticas e da quantidade de temas a serem cobertos. A tecnologia oferece ferramentas poderosas para lidar com essas limitações, desde apresentações audiovisuais e simulações digitais até sistemas eletrônicos de comunicações, que conectam as salas de aula com comunidades de profissionais das ciências, da matemática e de outros campos.⁷

Diversos programas de aprendizagem baseados em vídeo e informática estão agora em uso, com finalidades muito diferentes. A série *The Voyage of the Mimi* (A Viagem da Mimi), desenvolvida pela Bank Street College, foi uma das primeiras tentativas de combinar a tecnologia de vídeo e informática para apresentar problemas da vida real aos estudantes:⁸ os alunos “iam ao mar” e, no contexto da aprendizagem, resolviam problemas sobre as baleias e a cultura maia da península de Yucatán. Entre as séries mais recentes, inclui-se a *Jasper Woodbury Problem Solving* (Solução de Problemas Jasper Woodbury),⁹ contendo doze vídeos interativos que propõem desafios aos estudantes, exigindo que entendam e apliquem conceitos importantes da matemática (ver exemplo no quadro 2). Os alunos que trabalharam com a série mostraram ganhos na solução de problemas matemáticos, na capacidade de comunicação e nas atitudes em relação à matemática.¹⁰

⁷ B. Barron *et al.*, “Creating Contexts for Community Based Problem Solving: the Jasper Challenge Series”, em C. Hedley *et al.* (orgs.), *Thinking and Literacy: the Mind at Work* (Hillsdale: Erlbaum, 1995).

⁸ Por exemplo, C. Char & J. Hawkins, “Charting the Course: Involving Teachers in the Formative Research and Design of *The Voyage of the Mimi*”, em R. D. Pea & K. Sheingold (orgs.), *Mirrors of Minds: Patterns of Experience in Educational Computing* (Norwood: Ablex, 1987).

⁹ Cognition and Technology Group at Vanderbilt, *The Jasper Project: Lessons in Curriculum, Instruction, Assessment, and Professional Development* (Mahwah: Erlbaum, 1977).

¹⁰ Por exemplo, B. J. Barron *et al.* & Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “Doing with Understanding”, cit.; T. R. Crews *et al.*, “Anchored Interactive Learning Environments”, em *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, nº 8, 1997; Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “The Jasper Series as an

Trazendo os problemas do mundo real para a sala de aula

No Tennessee, crianças da 6ª série, numa aula de matemática, assistiram a um vídeo de aventura da série Jasper Woodbury sobre como os arquitetos trabalham para solucionar problemas comunitários, como o projeto de lugares seguros para as crianças brincarem. O vídeo termina desafiando a classe a projetar um *playground* para um bairro da cidade.

Narrador. Trenton Sand e Lumber estão doando 10 metros cúbicos de areia para a caixa de areia e também estão mandando madeira e brita. Christina e Marcus acabaram de dizer a eles a quantidade exata de material necessário. A fabricante de cercas Lee está doando 85 metros de cerca. A empresa Rodriguez está fornecendo um escorregador, que cortarão na medida indicada, e balanços para as crianças que gostam de emoções físicas. Os empregados da Rodriguez querem participar da obra; assim, vão erguer a cerca e ajudarão a montar o equipamento do *playground*. Esse é o primeiro trabalho de Christina e Marcus como arquitetos, e, assim como Gloria há vinte anos, estão começando com o projeto de um *playground*.

Na sala de aula, os estudantes ajudam Christina e Marcus, projetando balanços, escorregadores e caixas de areia, e depois construindo maquetes do *playground*. Enquanto trabalham nesses problemas, deparam com várias questões de aritmética, geometria, medição e outras. Como desenhar em escala? Como medir ângulos? Quanta brita é necessária? Quais são as exigências de segurança?

As avaliações da aprendizagem dos estudantes revelaram ganhos significativos de compreensão desses e de outros conceitos da geometria.¹¹ Além disso, os alunos melhoraram sua capacidade de trabalhar entre si e de comunicar suas idéias sobre o projeto para platéias de verdade (muitas vezes compostas de adultos interessados). Um ano depois, os alunos ainda se lembravam vivamente dessa atividade e falavam dela com orgulho.¹²

Os novos programas de aprendizagem não se restringem à matemática e às ciências. Também foram desenvolvidos ambientes de solução de problemas para ajudar os

Example of Anchored Instruction: Theory, Program Description, and Assessment Data”, em *Educational Psychologist*, nº 27, 1992, “The Jasper Series: Theoretical Foundations and Data on Problem Solving and Transfer”, em L.A. Penner *et al.* (orgs.), *The Challenge in Mathematics and Science Education: Psychology’s Response* (Washington: American Psychological Association, 1993), “From Visual Word Problems to Learning Communities: Changing Conceptions of Cognitive Research”, em K. McGilly (org.), *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (Cambridge: MIT Press/Bradford Books, 1994), *The Jasper Project*, cit.; N.J. Vye & Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “SMART Environments that Support Monitoring, Reflection, and Revision”, em D. Hacker *et al.* (orgs.), *Metacognition in Educational Theory and Practice* (Mahwah: Erlbaum, 1998).

¹¹ Por exemplo, Cognition and Technology Group at Vanderbilt, *The Jasper Project*, cit.

¹² B. J. Barron *et al.* & Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “Doing with Understanding”, cit.

estudantes a entender melhor os lugares de trabalho. Por exemplo, numa simulação de atividade bancária, os alunos assumem papéis, como o de gerente de banco, e aprendem sobre o conhecimento e as habilidades necessários para o desempenho de diversas obrigações.¹³

A interatividade desses ambientes tecnológicos é um aspecto muito importante para a aprendizagem. Ela facilita a tarefa dos estudantes de revisitar partes específicas dos ambientes para explorá-los mais amplamente, testar idéias e receber feedback. Os ambientes não interativos, como videoteipes lineares, são muito menos eficazes na criação de contextos que os estudantes possam investigar e reexaminar, tanto individualmente como em grupo.

Outra maneira de trazer problemas do mundo real para a sala de aula é por meio da conexão dos estudantes com cientistas em atividade.¹⁴ Em muitas dessas parcerias entre estudantes e cientistas, os primeiros coletam dados usados para a compreensão de questões globais – uma quantidade crescente dessas questões envolvem estudantes de escolas geograficamente dispersas, que interagem por meio da internet. Por exemplo, o Global Lab (Laboratório Global) apóia uma comunidade internacional de pesquisadores estudantes de mais de duzentas escolas, em trinta países, que elaboram novos conhecimentos sobre seus ambientes locais e globais.¹⁵ As salas de aula do Global Lab selecionam aspectos dos seus ambientes locais para estudar. Usando ferramentas, currículos e metodologias partilhadas, os estudantes mapeiam, descrevem e monitoram seus lugares, coletam e partilham dados e situam suas descobertas locais num contexto mais amplo, global. Depois de participar de uma série de quinze atividades de desenvolvimento de habilidades durante o primeiro semestre, os alunos do Global Lab iniciam estudos de pesquisa avançada em áreas como poluição do ar e da água, radiação de fundo, biodiversidade e destruição da camada de ozônio. A perspectiva global ajuda os aprendizes a identificar fenômenos ambientais observados ao redor do mundo, incluindo a redução dos níveis de ozônio na troposfera, em locais onde a vegetação é abundante; o aumento dramático dos níveis de dióxido de carbono internos no final do dia escolar; e o acúmulo substancial de nitratos em certos vegetais. Assim que os participantes observam padrões significativos em seus dados, essa comunidade “telecolaborativa” de estudantes, professores e cientistas lida com os mais rigorosos aspectos da ciência – idealizando experiências, fazendo revisões entre si e publicando suas descobertas.

¹³ Classroom, Inc., *Learning for Life Newsletter*, Nova York, 24-9-1996.

¹⁴ K. C. Cohen (org.), *Internet Links for Science Education: Student-Scientist Partnerships* (Nova York: Plenum, 1997).

¹⁵ B. Tinker & B. Berenfeld, “A Global Lab Story: a Moment of Glory in San Antonio”, em *Hands On!*, 16(3), 1993, “Patterns of US Global Lab Adaptations”, em *Hands On!*, 1994, disponível em <http://hou.lbl.gov>.

Solução de problemas e atitudes

Em nove estados americanos, os estudantes tiveram a oportunidade de assistir a quatro vídeos de aventuras da série Jasper Woodbury ao longo do ano. O tempo médio total gasto variou de três a quatro semanas. Os estudantes foram comparados com outros que não tiveram a mesma oportunidade com respeito às notas obtidas em testes padronizados de matemática, a problemas que exigiam solução complexa e a atitudes em relação à matemática e a desafios complexos. Sem nenhum prejuízo das notas nos testes padronizados, tanto os meninos quanto as meninas das classes com acesso aos vídeos interativos mostraram mais capacidade de solucionar problemas complexos e tiveram atitudes mais positivas em relação à matemática e a desafios complexos.¹⁶

Os gráficos mostram as notas alcançadas pelos alunos que tiveram e não tiveram acesso aos vídeos, em questões que pediam para (a) identificar os dados principais e os passos necessários para resolver problemas complexos, (b) avaliar possíveis soluções para esses problemas, e (c) indicar sua autoconfiança com respeito à matemática, sua crença na utilidade dela, seu interesse corrente nela e seus sentimentos sobre os desafios associados à matemática complexa. A figura 1 ilustra as mudanças de atitude positivas, desde o início até o término do ano letivo, nos alunos que assistiram à série de vídeos interativos, com as mudanças negativas caindo abaixo da linha média do gráfico, conforme registrado pela maior parte dos alunos dos grupos comparativos. As figuras 2 e 3 indicam mudanças positivas em relação ao crescimento das habilidades de planejamento e à compreensão dos desafios da solução de problemas entre os estudantes que tiveram acesso à série de vídeos. Sem dúvida, os materiais dos vídeos interativos tiveram efeitos positivos sobre a capacidade dessas crianças de compreender e solucionar problemas.

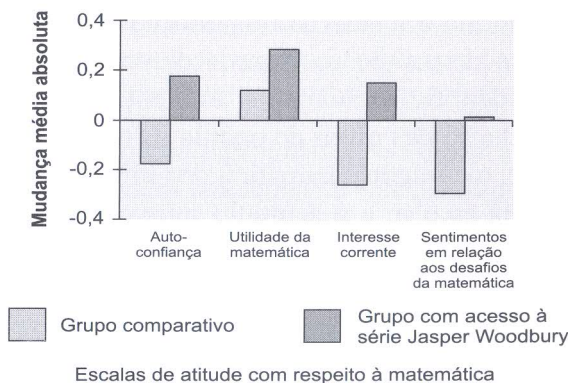


Figura 1 – Mudanças de atitude.

¹⁶ Ver Cognition and Technology Group at Vanderbilt, "The Jasper Series as an Example of Anchored Instruction", cit. J.W. Pellegrino et al. & Cognition and Technology Group at Vanderbilt, "Assessing the Outcome of an Innovative Instructional Program: the 1990-91", em *Technology Report*, nº 91-1, Nashville, Vanderbilt Learning Technology Center, 1991.

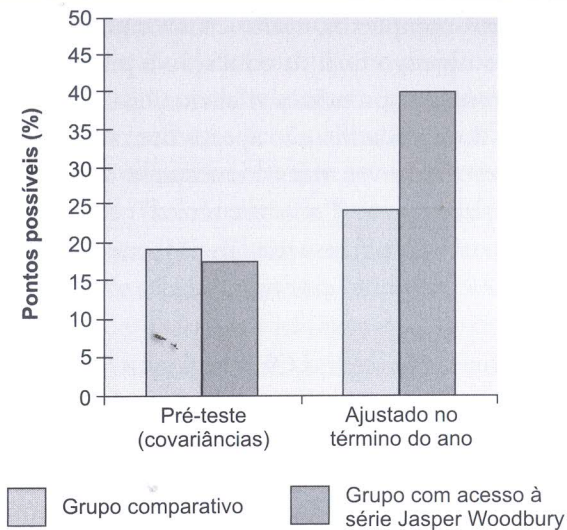


Figura 2 – Desafio em relação ao planejamento de alto nível.

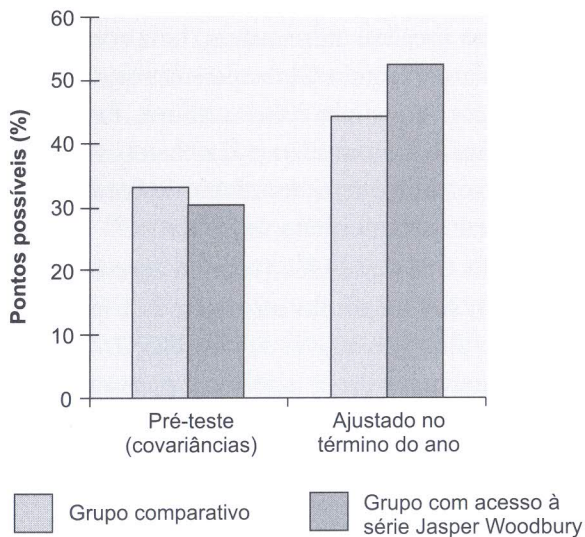


Figura 3 – Problemas de compreensão de objetivos secundários

Algumas abordagens similares foram usadas em astronomia, ornitologia, estudos da linguagem e outros campos.¹⁷ Essas experiências colaborativas ajudam os estudantes a

¹⁷ R. Bonney & A.A. Dhondt, "FeederWatch: an Example of a Student-Scientist Partnership", em K. C. Cohen (org.), *Internet Links for Science Education*, cit.; M. Riel, "A Functional Analysis of Educational Telecomputing:

entender sistemas e conceitos complexos, como causas múltiplas e interações entre diferentes variáveis. Como o objetivo final da educação é preparar os estudantes para se tornarem adultos competentes e aprendizes vitalícios, há um argumento sólido em favor da conexão eletrônica dos estudantes não apenas com seus colegas, mas também com profissionais praticantes. Cada vez mais, cientistas e outros profissionais estão implantando laboratórios colaborativos (“colaboratórios”) eletrônicos, por meio dos quais definem e realizam seu trabalho.¹⁸ Essa tendência fornece tanto uma justificativa quanto um meio para o estabelecimento de comunidades virtuais com finalidades de aprendizagem.

Por meio do projeto Global Learning and Observations to Benefit the Environment – Globe (Observações e Aprendizagem Globais em Benefício do Meio Ambiente), milhares de estudantes do jardim-de-infância ao ensino médio (sistema G-12), de mais de 2 mil escolas, em mais de 34 países, estão coletando dados sobre seus ambientes locais.¹⁹ Os estudantes recolhem esses dados em cinco áreas das geociências, incluindo atmosfera, hidrologia e cobertura do solo, usando os protocolos especificados pelos principais investigadores das instituições de pesquisa mais importantes. Por meio da internet, eles submetem seus dados a um banco de dados do projeto Globe, que tanto os cientistas como os estudantes usam para realizar suas análises. Um conjunto de ferramentas de visualização disponíveis no *site* do projeto Globe permite que os estudantes vejam se os seus dados estão de acordo com aqueles coletados alhures. Em relação aos seus colegas que não participaram do programa, os estudantes das classes associadas ao projeto Globe demonstram maior conhecimento e maiores níveis de habilidade nas avaliações dos métodos da ciência ambiental e da interpretação de dados.²⁰

As tecnologias emergentes e as novas idéias sobre o ensino estão sendo combinadas para reformar a educação científica nas escolas no projeto Learning through Collaborative Visualization – CoVis (Aprendizagem através da Visualização Colaborativa).²¹ Por meio de redes de banda larga, estudantes de 6^a a 8^a série e do ensino médio de mais de quarenta escolas colaboram com outros colegas de locais remotos. Milhares de alunos

a Case Study of Learning Circles”, em *Interactive Learning Environments*, 2(1), 1992; University of California Regents, *Hands-On Universe*, 1997, disponível em <http://hou.lbl.gov>.

¹⁸ J. Lederberg & K. Uncapher (orgs.), *Towards a National Collaboratory: Report of an Invitational Workshop at the Rockefeller University, March 17-18* (Washington: National Science Foundation Directorate for Computer and Information Science, 1989). Por exemplo, T. Finholt & L. S. Sproull, “Electronic Groups at Work”, em *Organizational Science*, nº 1, 1990; J. Galegher et al. (orgs.), *Intellectual Teamwork: the Social and Technological Foundations of Cooperative Work* (Hillsdale: Erlbaum, 1990).

¹⁹ J. G. Lawless & R. Coppola, “GLOBE: Earth as Our Backyard”, em *Geotimes*, 41(9), 1966.

²⁰ B. Means et al., *GLOBE Year 2 Evaluation* (Menlo Park: SRI International, 1997).

²¹ R. D. Pea, “Distributed Multimedia Learning Environments: the Collaborative Visualization Project”, em *Communications of the ACM*, 36(5), 1993; R. D. Pea et al., “Science Education as a Driver of Cyberspace Technology Development”, em K. C. Cohen (org.), *Internet Links for Science Education*, cit.

estudam as ciências atmosférica e ambiental – incluindo tópicos de meteorologia e climatologia – por meio de atividades baseadas no projeto. Através dessas redes, os estudantes também se comunicam com “teletutores”: pesquisadores universitários e outros especialistas. Utilizando um software de visualização científica, especialmente modificado para a atividade de aprendizagem, eles têm acesso às mesmas ferramentas de pesquisa e aos mesmos conjuntos de dados utilizados pelos cientistas.

Numa atividade com duração de cinco semanas, a Student Conference on Global Warming (Conferência Estudantil sobre Aquecimento Global), apoiada por unidades curriculares, ferramentas e dados de visualização científica centrados no aprendiz e rubricas de avaliação disponíveis através do servidor GeoSciences do projeto CoVis, estudantes de várias escolas e estados avaliam as evidências do aquecimento global e analisam possíveis tendências e conseqüências.²² Inicialmente, os aprendizes são instruídos a respeito da variação natural da temperatura climática, do aumento da presença de dióxido de carbono na atmosfera provocado pela ação humana e do uso de planilhas e ferramentas de visualização científica para inquirição. Essas atividades preparatórias especificam os temas para os posteriores projetos de aprendizagem colaborativos. Quando se propõem questões típicas e dados úteis para investigar o possível impacto do aquecimento global sobre um país ou o possível impacto de um país sobre o aquecimento global, utiliza-se uma grade genérica, em que os estudantes assinalam determinado país, os dados sobre ele e a questão específica para o foco do projeto (por exemplo, o aumento das emissões de dióxido de carbono devido ao desenvolvimento recente, o desmatamento, as inundações provocadas pela elevação dos níveis dos oceanos). Os estudantes então investigam uma questão global ou o ponto de vista de um único país. Os resultados de suas investigações são partilhados em relatórios distribuídos para as escolas, e os participantes analisam os resultados correntes da política internacional à luz do que descobriram em seu projeto.

Trabalhar com profissionais e colegas distantes em projetos significativos que extrapolam a sala de aula é um grande motivador para os alunos do sistema G-12. Eles não só ficam entusiasmados com o que estão fazendo, como alcançam um impressionante rendimento intelectual quando podem interagir com meteorologistas, geólogos, astrônomos, professores ou cientistas da computação.²³

²² D.N. Gordin *et al.*, “Student Conference on Global Warming: a Collaborative Network-Supported Ecologically Hierarchic Geosciences Curriculum”, em *Proceedings of the Fifth American Meteorological Society Education Symposium*, 1996.

²³ B. Means *et al.*, *GLOBE Year 1 Evaluation* (Menlo Park: SRI International, 1996); K. O’Neill, *Telementoring: One Researcher’s Perspective*, boletim informativo da BBN National School Network Project, #12, documento eletrônico, abril de 1996; R. Wagner, “Expeditions to Mount Everest”, em R. W. M. Shinohara & A. Sussman (orgs.), *Tales from the Electronic Frontier: First-Hand Experiences of Teachers and Students Using the Internet in K-12 Math and Science* (São Francisco: WestEd, 1996).

Estruturas de apoio e ferramentas

Diversas tecnologias funcionam como estruturas de apoio e ferramentas para ajudar os estudantes a resolver problemas. Isso foi previsto há muito tempo: em 1945, num ensaio presciente publicado na *Atlantic Monthly*, Vannevar Bush, conselheiro científico do presidente Roosevelt, descreveu o computador como um sistema simbólico de finalidade genérica, que poderia atender não só às funções burocráticas, mas também às de apoio à pesquisa, tanto no campo das ciências e do trabalho como no da aprendizagem, liberando, desse modo, a mente humana para exercer suas capacidades criativas.

Na primeira geração de tecnologias baseadas em informática para uso em sala de aula, a função de ferramenta assumiu a forma elementar de cartões instantâneos eletrônicos, que os estudantes usavam para praticar habilidades distintas. À medida que as aplicações se espalharam a partir de outros setores da sociedade, as ferramentas de aprendizagem informatizadas se sofisticaram.²⁴ Agora incluem calculadoras, planilhas, programas gráficos, investigadores de função, “simuladores matemáticos” para elaboração e verificação de hipóteses e programas de modelagem para criação e teste de modelos de fenômenos complexos.²⁵ No projeto Middle School Mathematics through Applications (MMAP – Matemática no Ensino Médio com o Uso de Aplicativos), desenvolvido pelo Institute for Research on Learning (Instituto para Pesquisa da Aprendizagem), alguns softwares inovadores são usados para a investigação de conceitos algébricos por meio de problemas como o projeto de isolamento térmico para moradias nas regiões árticas.²⁶ Na série Little Planet Literacy (Alfabetização no Little Planet), o software ajuda os estudantes a atravessar as fases de um jogo cujo objetivo é melhorar sua escrita.²⁷ Por exemplo, nessa série, algumas aventuras em vídeo atraentes estimulam alunos do jardim-de-infância e da 1ª e 2ª séries a escrever livros para solucionar desafios propostos no final. Em um dos desafios, os estudantes precisam escrever um livro para impedir que os seres do Little Planet se tornem vítimas das astúcias de um personagem vilão chamado Wongo.

²⁴ R. Atkinson, “Computerized Instruction and the Learning Process”, cit.; P. Suppes & M. Morningstar, “Computer-Assisted Instruction”, cit.

²⁵ Ver, por exemplo, J. Roschelle & J. Kapat, “Educational Software Architecture and Systemic Impact: the Promise of Component Software”, em *Journal of Educational Computing Research*, 14(3), 1996; J. L. Schwartz, “The Role of Research in Reforming Mathematics Education: a Different Approach”, em A. H. Schoenfeld (org.), *Mathematical Thinking and Problem Solving* (Hillsdale: Erlbaum, 1994); S. Jackson *et al.*, “Making System Dynamics Modeling Accessible to Pre-College Science Students”, em *Interactive Learning Environments*, nº 4, 1996.

²⁶ S. Goldman & J. N. Moschkovich, “Environments for Collaborating Mathematically”, em *Proceedings of the First International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*, Bloomington, outubro de 1995.

²⁷ Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “Adventures in Anchored Instruction: Lessons from Beyond the Ivory Tower. Burgess 1996 Study”, em R. Glaser (org.), *Advances in Instructional Psychology*, vol. 5 (Mahwah: Erlbaum, 1998), “Designing Environments to Reveal, Support, and Expand our Children’s Potentials”, em S. A. Soraci & W. McIlvane (orgs.), *Perspectives on Fundamental Processes in Intellectual Functioning*, vol. 1 (Greenwich: Ablex, 1998).

O desafio, no campo da educação, é projetar tecnologias de aprendizagem que se baseiem tanto nos conhecimentos sobre a cognição humana como nas aplicações práticas de como a tecnologia pode facilitar tarefas complexas no local de trabalho. Esses projetos utilizam as tecnologias para oferecer estruturas de apoio ao pensamento e à atividade, de maneira semelhante às bicicletas com rodinhas, que permitem aos jovens ciclistas pedalar sem cair, até estarem prontos para dispensar o suporte. Assim como as bicicletas com rodinhas, a criação de estruturas de apoio informatizadas permite que os aprendizes realizem atividades mais complexas e se envolvam em raciocínios e soluções de problemas mais avançados do que seriam capazes sem tal ajuda. Inicialmente, as tecnologias cognitivas foram usadas para ajudar os estudantes a aprender matemática e redação;²⁸ uma década depois, diversos projetos passaram a utilizar estruturas de apoio cognitivas para fomentar o raciocínio, o projeto e a aprendizagem complexos em ciências, matemática e redação.

O sistema Belvedere, por exemplo, é idealizado para ensinar questões de política pública relacionadas às ciências para alunos do ensino médio, que carecem de conhecimento profundo em relação a diversos domínios científicos, têm dificuldade de se concentrar nos pontos principais de um debate científico complexo e não conseguem identificar as relações abstratas implícitas em teorias e argumentos científicos.²⁹ O Belvedere utiliza gráficos com quadros especializados para representar os diferentes tipos de relações entre as idéias que servem de estrutura de apoio para o raciocínio dos estudantes sobre questões relativas às ciências. À medida que os estudantes usam os quadros e os *links* dentro do Belvedere para representar sua compreensão acerca de um assunto, um orientador *on-line* dá sugestões para ajudá-los a melhorar a abrangência, a consistência e a evidência de seus argumentos.³⁰

As experiências com estruturas de apoio podem ser organizadas de diversas maneiras. Alguns educadores ligados a pesquisas defendem um modelo de aprendizagem no qual um profissional experiente, observado pelo aprendiz, modela inicialmente a atividade, então oferece uma estrutura de apoio ao aprendiz (com conselhos e exemplos), depois o orienta na prática e, gradualmente, diminui o suporte e a orientação, até que ele consiga fazê-lo sozinho.³¹ Outros educadores afirmam que o objetivo de capacitar o

²⁸ R. D. Pea, "Beyond Amplification: Using Computers to Reorganize Human Mental Functioning", em *Educational Psychologist*, nº 20, 1985; R. D. Pea & D. M. Kurland, "Cognitive Technologies for Writing Development", em *Review of Research in Education*, vol. 14 (Washington: AERA Press, 1987).

²⁹ D. Suthers et al., *Belvedere: Engaging Students in Critical Discussion of Science and Public Policy Issues*, II-Ed 95, documento apresentado na Conferência Mundial sobre Inteligência Artificial e Educação, Washington, agosto de 1995.

³⁰ M. Paolucci et al., "Automated Advice-Giving Strategies for Scientific Inquiry", em C. Frasson et al. (orgs.), *Intelligent Tutoring Systems: Lecture Notes in Computer Science* (Berlim: Springer-Verlag, 1996).

³¹ A. Collins et al., "Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics", em L. B. Resnick (org.), *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser* (Hillsdale: Erlbaum, 1989).

aprendiz a se desempenhar sozinho é muito restritivo, além de não ser realista, já que os adultos muitas vezes precisam recorrer a ferramentas ou a outras pessoas para realizar seu trabalho.³² Outros ainda argumentam que ferramentas tecnológicas bem projetadas, que dão suporte a atividades complexas, criam certamente uma simbiose entre o homem e a máquina e podem reorganizar os componentes da atividade humana em estruturas diferentes das que tinham em projetos pré-tecnológicos.³³ Embora existam diversos pontos de vista sobre os objetivos exatos das tecnologias de suporte e sobre como avaliar seus benefícios, há um consenso de que as novas ferramentas possibilitam que as pessoas desempenhem e aprendam de maneiras muito mais complexas do que antes.

Em muitos campos, os especialistas estão usando as novas tecnologias para representar dados de novas maneiras – por exemplo, como modelos virtuais tridimensionais da superfície de Vênus ou de uma estrutura molecular, que podem ser criados eletronicamente e vistos de qualquer ângulo. Os sistemas de informação geográfica, para citar outro exemplo, usam escalas de cores para representar visualmente variáveis como temperatura ou precipitação pluviométrica num mapa. Com essas ferramentas, os cientistas podem perceber padrões mais rapidamente e detectar relações antes não observadas.³⁴

Alguns estudiosos afirmam que as simulações e os modelos baseados em informática são os recursos mais poderosos para o avanço e a aplicação da matemática e das ciências desde as origens da modelagem matemática durante o Renascimento.³⁵ A mudança de um modelo estático num meio inerte, como um desenho, para modelos dinâmicos numa mídia interativa, que proporciona visualização e ferramentas analíticas, está modificando profundamente a natureza da inquirição na matemática e nas ciências. Os estudantes podem visualizar interpretações alternativas enquanto desenvolvem modelos que podem ser girados, introduzindo diferentes perspectivas dos problemas. Essas mudanças afetam os tipos de fenômenos que podem ser examinados e a natureza da argumentação e da evidência aceitável.³⁶

Os mesmos tipos de ferramentas informáticas de visualização e análise usados pelos cientistas para detectar padrões e entender dados estão agora sendo adaptados para uso dos estudantes. Com sensores ligados aos microcomputadores, por exemplo, os estudantes podem elaborar gráficos em tempo real de variáveis como aceleração, luz e

³² R. D. Pea, "Learning Scientific Concepts through Material and Social Activities: Conversational Analysis Meets Conceptual Change", em *Educational Psychologist*, 28(3), 1993; L. B. Resnick, *Education and Learning to Think* (Washington: National Academy Press, 1987), disponível em <http://www.nap.edu>.

³³ R. D. Pea, "Beyond Amplification", cit.

³⁴ Por exemplo, K. W. Brodie et al., *Scientific Visualization* (Berlim: Springer-Verlag, 1992); W. J. Kaufmann II & L. Smarr, *Supercomputing and Transformation of Science* (Nova York: Scientific American Library, 1993).

³⁵ L. Glass & M. Mackey, *From Clocks to Chaos* (Princeton: Princeton University Press, 1988); H. Haken, *Chaos and Order in Nature. Proceeding of the International Symposium on Synergetics* (Nova: Springer-Verlag, 1981).

³⁶ G. Bachelard, *The New Scientific Spirit* (Boston: Beacon Press, 1984); J. H. Holland, *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity* (Nova York: Addison-Wesley, 1995).

som.³⁷ A capacidade da mente humana de processar e lembrar rapidamente as informações visuais sugere que gráficos concretos e outras representações visuais podem ajudar as pessoas a aprender, assim como ajudam os cientistas em seu trabalho.³⁸

Diversos ambientes de visualização científica para alunos e professores foram desenvolvidos pelo projeto CoVis.³⁹ Os estudantes podem coletar e analisar dados meteorológicos em tempo real ou 25 anos de dados climáticos do Hemisfério Norte; ou podem investigar o efeito estufa global.⁴⁰ Como descrevemos anteriormente, com as novas ferramentas tecnológicas os estudantes podem se comunicar através de uma rede, trabalhar com bancos de dados, desenvolver modelos científicos e realizar investigações colaborativas sobre questões científicas significativas.

Desde o final da década de 1980, os cientistas cognitivos, os educadores e os tecnólogos sugerem que os aprendizes podem desenvolver uma compreensão mais profunda dos fenômenos dos mundos físico e social se puderem elaborar e manipular modelos desses fenômenos.⁴¹ Essas especulações estão sendo agora testadas nas salas de aula por meio de ferramentas de modelagem baseadas em tecnologia. Por exemplo, o ambiente de modelagem Stella, surgido a partir das pesquisas sobre dinâmica dos sistemas no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, foi muito usado para fins de instrução tanto no ensino superior como no pré-superior, em campos tão diversos quanto ecologia populacional e história.⁴²

³⁷ Y. Friedler et al., "Learning Scientific Reasoning Skills in Microcomputer-Based Laboratories", em *Journal of Research on Science Teaching*, nº 27, 1990; M. C. Linn, "The Computer as Lab Partner: Can Computer Tools Teach Science?", em L. Roberts et al. (orgs.), *This Year in School Science 1991* (Washington: American Association for the Advancement of Science, 1991); R. Nemirovsky et al., *Body Motion and Graphing*, estudo apresentado na conferência anual da American Educational Research Association, São Francisco, abril de 1995; R. K. Thornton & D. R. Sokoloff, "Assessing Student Learning of Newton's Laws: the Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula", em *American Journal of Physics*, nº 64, 1998.

³⁸ D. N. Gordin & R. D. Pea, "Prospects for Scientific Visualization as an Educational Technology", em *The Journal of the Learning Sciences*, nº 4, 1995; A. I. Miller, *Imagery in Scientific Thought* (Cambridge: MIT Press, 1986).

³⁹ R. D. Pea, "Distributed Multimedia Learning Environments", cit.; R. D. Pea et al., "Science Education as a Driver of Cyberspace Technology Development", cit.

⁴⁰ B. Fishman & L. D'Amico, "Which Way Will the Wind Blow? Network Computer Tool for Studying the Weather", em T. Ottman & I. Tomek (orgs.), *Educational Multimedia and Hypermedia, 1994: Proceedings of the Ed-Media '94* (Charlottesville: AACE, 1994); D. Gordin et al., "The Greenhouse Effect Visualizer: a Tool for the Science Classroom", em *Proceedings of the Fourth American Meteorological Society Education Symposium*, 1996.

⁴¹ Por exemplo, N. Roberts & T. Barclay, "Teaching Model Building to High School Students: Theory and Reality", em *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 1988.

⁴² J. Forrester, "Systems Dynamics: Adding Structure and Relevance to Pre-College Education", em K. R. Manning (org.), *Shaping the Future* (Boston: MIT Press, 1991); K. Clauset et al., "STELLA: Software for Structural Thinking", em *Collegiate Microcomputer*, 5(4), 1987; T. Coon, "Using STELLA Simulation Software in Life Science Education", em *Computers in Life Science Education*, 5(9), 1988; R. Mintz, "Computerized Simulation as an Inquiry Tool", em *School Science and Mathematics*, 93(2), 1993; M. Steed, "STELLA, a Simulation

Os softwares educacionais e as atividades de investigação e descoberta desenvolvidos pelo projeto GenScope utilizam simulações para ensinar tópicos fundamentais da genética, como parte do currículo de biologia pré-ensino superior. As simulações apresentam aos estudantes uma hierarquia de seis conceitos-chave da genética: DNA, célula, cromossomo, organismo, linhagem e população.⁴³ O GenScope também usa um hipermodelo inovador, que permite aos estudantes recuperar dados do mundo real para construir modelos do processo físico subjacente. As avaliações do programa entre alunos de escolas do ensino médio da área urbana de Boston constataram que eles não apenas ficaram entusiasmados com a aprendizagem desse assunto complexo, como também apresentaram desenvolvimentos conceituais expressivos.

Usando micromundos digitais interativos, os alunos estudam a força e o movimento no mundo da mecânica newtoniana, adquirindo experiência prática e mental e, assim, uma compreensão mais profunda das ciências.⁴⁴ Os alunos da 5ª série que empregam ferramentas de aprendizagem informatizadas desenvolvem uma compreensão conceitual a respeito da velocidade e da aceleração melhor que a de muitos estudantes de física do último ano do ensino médio (ver quadro 3).⁴⁵ Em outro projeto, estudantes da 6ª à 8ª séries utilizam ferramentas informáticas fáceis de usar (Model-It) para construir modelos qualitativos de sistemas, como qualidade da água e níveis de algas num córrego local. Os estudantes podem inserir dados coletados no modelo, observar os resultados e gerar possíveis cenários, obtendo assim melhor compreensão das inter-relações entre as principais variáveis.⁴⁶

Em geral, as ferramentas baseadas em tecnologia podem elevar o desempenho do estudante, quando integradas no currículo e usadas de acordo com o conhecimento sobre a aprendizagem.⁴⁷ Mas a mera existência dessas ferramentas na sala de aula não garante que a aprendizagem do estudante melhorará; elas têm de fazer parte de uma abordagem educacional coerente.

Construction Kit: Cognitive Process and Educational Implications”, em *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, nº 11, 1992; E. Mandinach, “Model-Building and the Use of Computer Simulation of Dynamic Systems”, em *Journal of Educational Computing Research*, 5(2), 1989; E. Mandinach et al., *The Impact of the Systems Thinking Approach on Teaching and Learning Activities* (Princeton: Educational Testing Service, 1988).

⁴³ E. K. Neumann & P. Horwitz, “Linking Models to Data: Hypermodels for Science Education”, Association for the Advancement of Computing in Education, disponível em http://copernicus.bbn.com/genscope/neumann/link_paper/link.html.

⁴⁴ D. Hestenes, “Modeling Games in the Newtonian World”, em *American Journal of Physics*, nº 60, 1992; B. Y. White, “ThinkerTools: Causal Models, Conceptual Change, and Science Education”, em *Cognition and Instruction*, 10(1), 1993.

⁴⁵ B. Y. White, “ThinkerTools”, cit.

⁴⁶ S. Jackson et al., “Making System Dynamics Modeling Accessible to Pre-College Science Students”, cit.

⁴⁷ Ver, por exemplo, B. Y. White & J. R. Fredericksen, “Using Assessment to Foster a Classroom Research Community”, em *Educator*, 1994.

O uso do ThinkerTools no ensino da física

O currículo de inquirição ThinkerTools (“ferramentas do pensador”) utiliza um software inovador, que permite aos experimentadores realizar experiências de física sob diversas condições e comparar os resultados com experiências realizadas com objetos reais. O currículo enfatiza a abordagem metacognitiva do ensino (ver capítulos 2, 3 e 4), usando um ciclo de inquirição que ajuda os estudantes a ver onde estão no processo de inquirição, além de procedimentos chamados de *avaliação reflexiva*, nos quais os estudantes refletem sobre suas próprias inquirições e também as de seus colegas.

As experiências realizadas com alunos da 6ª à 8ª séries, em escolas públicas da área urbana, revelaram que as ferramentas de modelagem do software tornaram a difícil matéria da física compreensível e interessante para uma ampla gama de estudantes. Os estudantes não apenas aprenderam sobre física, como também sobre processos de inquirição.

Verificamos que, a despeito de cursarem séries inferiores (da 6ª à 8ª) e apresentarem notas mais baixas no pré-teste, os estudantes que participaram do ThinkerTools superaram em desempenho os estudantes de física do ensino médio nos problemas qualitativos, em que foram solicitados a aplicar os princípios básicos da mecânica newtoniana a situações do mundo real. Em geral, essa abordagem construtivista da educação científica, baseada em modelos e orientada para a inquirição, parece tornar a ciência interessante e acessível para um conjunto maior de estudantes do que é possível com abordagens tradicionais.⁴⁸

Feedback, reflexão e revisão

Com a tecnologia fica mais fácil para os professores dar feedback aos alunos sobre suas idéias, e fica mais fácil para os alunos revisar seus trabalhos. Inicialmente, os professores que trabalharam com o vídeo de aventura da série Jasper Woodbury sobre a construção de um *playground* (descrito anteriormente) tiveram dificuldade de achar tempo para dar feedback aos alunos sobre os projetos que eles desenvolveram, mas uma simples interface eletrônica cortou pela metade o tempo de que os professores precisavam para o feedback.⁴⁹ O aplicativo interativo Jasper Adventuremaker permite que os alunos proponham soluções para uma aventura da série Jasper Woodbury e depois vejam as simulações dos efeitos de suas soluções. As simulações tiveram um impacto evidente sobre a qualidade das soluções que os estudantes produziram subse-

⁴⁸ B.Y. White & J. R. Fredericksen, “Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students”, em *Cognition and Instruction*, 16(1), pp. 90-91.

⁴⁹ Ver, por exemplo, Cognition and Technology Group at Vanderbilt, *The Jasper Project*, cit.

qüentemente.⁵⁰ As oportunidades de interação com cientistas em atividade, como já discutimos, também proporcionam experiências valiosas para a aprendizagem a partir do feedback e da revisão.⁵¹ A série Special Multimedia Arenas for Refining Thinking (Smart – Arenas Multimídias Especiais para Refinar o Pensamento) dispõe de diversos recursos tecnológicos para feedback e revisão. A Smart foi testada em diversos contextos, incluindo os da série Jasper. Quando seus recursos de avaliação formativa são incluídos nesses currículos, os estudantes alcançam níveis mais elevados.⁵² No quadro 4, descreve-se outra maneira de usar a tecnologia para apoiar a avaliação formativa.

As tecnologias de comunicação para salas de aula, como o dispositivo Classtalk, podem promover a aprendizagem mais ativa em grandes salas de aula expositiva, e, se usadas adequadamente, iluminam os processos de raciocínio usados pelos estudantes para solucionar os problemas (ver capítulo 7). Essa tecnologia permite que o professor prepare e apresente problemas a ser trabalhados pela classe em colaboração. Os estudantes inserem as respostas (individualmente ou em grupo) por meio de dispositivos de entrada portáteis, e a tecnologia coleta, armazena e exibe histogramas (gráficos de barras de quantos estudantes escolheram cada solução do problema) das respostas da classe. Esse tipo de ferramenta pode proporcionar feedback útil para os estudantes e o professor sobre o grau de compreensão dos alunos acerca dos conceitos tratados e de sua capacidade de aplicá-los em contextos novos.⁵³

No entanto, como outras tecnologias, o Classtalk não assegura a aprendizagem efetiva. Os histogramas visuais visam promover uma comunicação bidirecional em grandes salas de aula: funcionam como trampolim para discussões em classe, em que os estudantes justificam os procedimentos usados para chegar às suas respostas, escutam criticamente os argumentos dos colegas, contestam esses argumentos ou propõem outras estratégias de raciocínio. No entanto, a tecnologia pode ser usada de maneira que nada tenha a ver com esse objetivo. Se, por exemplo, o Classtalk for utilizado meramente como um dispositivo eficiente para acompanhar ou administrar testes convencionais, ele não produzirá melhoras na comunicação bidirecional nem tornará o raciocínio dos estudantes mais visível. Em tal caso, a oportunidade de expor aos estudantes perspectivas alternativas para a solução dos problemas e argumentos distintos para diferentes soluções de problemas seria perdida. Portanto, o

⁵⁰ T. R. Crews *et al.*, “Anchored Interactive Learning Environments”, *cit.*

⁵¹ B. Y. White & J. R. Fredericksen, “Using Assessment to Foster a Classroom Research Community”, *cit.*

⁵² Por exemplo, B. J. Barron *et al.* & Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “Doing with Understanding”, *cit.*; Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “From Visual Word Problems to Learning Communities”, *cit.*; *The Jasper Project*, *cit.*; N. J. Vye & Cognition and Technology Group at Vanderbilt, “SMART Environments that Support Monitoring, Reflection, and Revision”, *cit.*

⁵³ J. P. Mestre *et al.*, “Promoting Active Learning in Large Classes Using a Classroom Communication System”, em *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities: Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education* (Woodbury: American Institute of Physics, 1997).

emprego eficaz da tecnologia envolve muitas decisões por parte do professor e formas diretas de participação deste.

QUADRO 4

Programa para diagnosticar preconceitos em física

O aplicativo para computador Diagnoser ajudou os professores a melhorar o rendimento dos estudantes no curso de física do ensino médio.⁵⁴ O aplicativo avalia as crenças (idéias preconcebidas) dos estudantes sobre diversos fenômenos físicos – crenças que, muitas vezes, correspondem a suas experiências cotidianas, mas são incompatíveis com as visões de mundo dos físicos (ver capítulos 2, 3, 6 e 7). Diante de certas crenças, alguns conjuntos de atividades são recomendados para ajudar os estudantes a reinterpretar os fenômenos do ponto de vista do físico. Os professores incorporam as informações advindas do Diagnoser para orientar seu ensino. Conforme demonstra o gráfico abaixo, os alunos do grupo experimental revelaram uma compreensão superior à do grupo comparativo no que diz respeito a conceitos importantes da física.

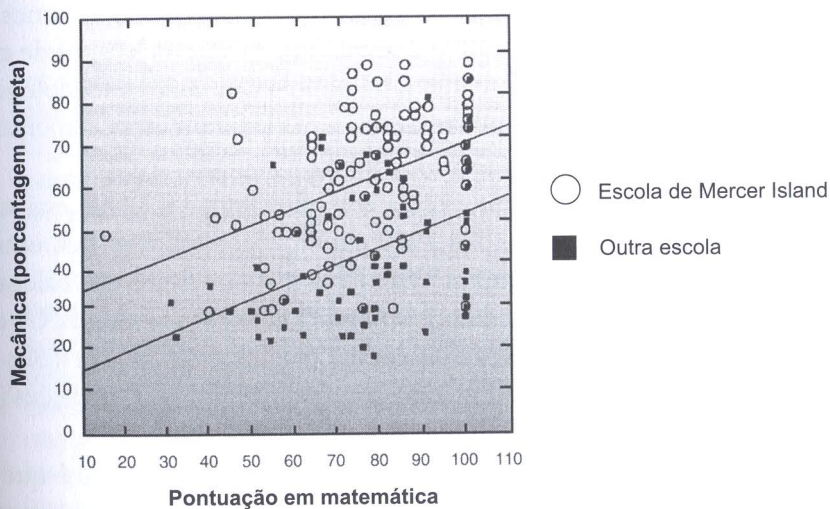


Figura 4 – Comparação das notas obtidas em mecânica e matemática pelo grupo experimental da escola de Mercer Island e pelo grupo comparativo de outra escola. Fonte: E. Hunt & J. Minstrell, “A Cognitive Approach to the Teaching of Physics”, em K. McGilly (org.), *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (Cambridge: MIT Press, 1994).

Os colegas podem servir como fontes excelentes de feedback. Na última década, surgiram demonstrações muito bem-sucedidas e influentes de como as redes de

⁵⁴ E. Hunt & J. Minstrell, “A Cognitive Approach to the Teaching of Physics”, em K. McGilly (org.), *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (Cambridge: MIT Press, 1994).

computadores podem apoiar ativamente os grupos de estudantes envolvidos na aprendizagem e na reflexão. Os Computer-Supported Intentional Learning Environments (CSILE – Ambientes de Aprendizagem Intencional Apoiados por Computador) dão oportunidades para os estudantes colaborar nas atividades de aprendizagem, trabalhando com bancos de dados públicos dotados de recursos textuais e gráficos.⁵⁵ Nesse ambiente multimídia ligado em rede – agora distribuído como Knowledge Forum (Fórum do Conhecimento) –, os estudantes criam “anotações” contendo uma idéia ou informação sobre o tópico que estão estudando. Essas anotações são classificadas por categorias, como questão ou aprendizagem nova, que os outros estudantes podem pesquisar e comentar (ver quadro 5). Com apoio do professor, esses processos envolvem os estudantes em diálogos que integram as informações e as contribuições de diversas fontes para a criação de conhecimento. Os CSILE foram usados em salas de aula dos ensinos fundamental, médio e de pós-graduação, para os cursos de ciências, história e estudos sociais. Os estudantes que utilizam os CSILE saíram-se melhor nos testes padronizados e nos registros de portfólio, e suas explicações têm mais profundidade que as dos alunos que não utilizam esses ambientes.⁵⁶ Além disso, os estudantes de todos os níveis de capacidade participam efetivamente: de fato, nas salas de aula que usam a tecnologia de maneira mais colaborativa, os efeitos positivos dos CSILE foram especialmente expressivos para grupos de capacidade inferior e média.⁵⁷

Entre os seus muitos usos para o suporte da aprendizagem, a internet está sendo utilizada cada vez mais como foro para os estudantes fornecerem feedback entre si. No projeto Globe (descrito anteriormente), eles examinam os dados dos colegas no *site* do projeto e, às vezes, encontram interpretações que consideram erradas. Os estudantes utilizam o sistema de mensagem eletrônica para questionar as escolas que relataram dados suspeitos sobre as circunstâncias em que fizeram suas medições (para outro tipo de uso, ver quadro 6).

Uma vantagem adicional das tecnologias de comunicações em rede é que elas ajudam a tornar visível o pensamento. Esse aspecto decisivo do modelo de aprendizagem cognitiva de ensino está exemplificado em diversos programas instrucionais

⁵⁵ M. Scardamalia *et al.*, “Computer-Supported Intentional Learning Environments”, em *Journal of Educational Computing Research*, 5(1), 1989; M. Scardamalia & C. Bereiter, “Higher Levels of Agency for Children in Knowledge-Building: a Challenge for the Design of New Knowledge Media”, em *Journal of the Learning Sciences*, nº 1, 1991, “Technologies for Knowledge-Building Discourse”, em *Communications of the ACM*, 36(5), 1993; M. Scardamalia *et al.*, “The SCILE Project: Trying to Bring the Classroom into World 3”, em K. McGilly (org.), *Classroom Lessons*, cit.

⁵⁶ Ver, por exemplo, M. Scardamalia & C. Bereiter, “Technologies for Knowledge-Building Discourse”, cit.

⁵⁷ M. Bryson & M. Scardamalia, “Teaching Writing to Students at Risk for Academic Failure”, em B. Means *et al.* (orgs.), *Teaching Advanced Skills to At-Risk Students: Views from Research and Practice* (São Francisco: Jossey-Bass, 1991).

e também possui uma manifestação tecnológica.⁵⁸ Ao instigar os aprendizes a articular os passos adotados durante seus processos de pensamento, o software cria um registro do pensamento, que eles podem utilizar para refletir sobre seu trabalho e que os professores podem empregar para avaliar o progresso dos estudantes. Diversos projetos incluem softwares criados para tornar visível o pensamento dos aprendizes. Nos CSILE, por exemplo, à medida que os estudantes desenvolvem seu banco de dados hipermídia, com textos e gráficos, os professores podem utilizá-lo como registro dos pensamentos e das conversas eletrônicas dos estudantes ao longo do tempo. Eles podem consultar o banco de dados para revisar tanto a compreensão que os alunos estão desenvolvendo acerca dos principais conceitos, como suas habilidades de interação.⁵⁹

QUADRO 5

Sistema numérico eslamino

Um exemplo de como as conversas em ambientes informatizados podem ajudar os estudantes a refinar os pensamentos uns dos outros vem de uma classe do ensino fundamental de uma escola da área urbana. Em pequenos grupos, os estudantes idealizaram diversos aspectos de uma hipotética cultura de habitantes da floresta tropical.⁶⁰

O grupo encarregado de desenvolver o sistema numérico dessa hipotética cultura postou a seguinte mensagem: "Esse é o sistema numérico eslamino. Também é um sistema numérico decimal. Há um padrão para esse sistema. O número de linhas cresce até cinco e depois vira de ponta-cabeça até chegar a dez".

Outro grupo de estudantes, da mesma classe, revisou a mensagem posta no sistema CSILE e demonstrou habilidades analíticas impressionantes (assim como boas habilidades sociais) na resposta, assinalando a necessidade de ampliar o sistema numérico: "Gostamos do sistema numérico, mas queremos saber qual é a aparência do número zero, e vocês podem criar mais números, não apenas os dez que temos agora".

Nessa sala de aula, muitos estudantes não falam inglês em casa. Os CSILE lhes dão oportunidades de expressar suas idéias em inglês e receber feedback dos seus colegas.

⁵⁸ Ver, por exemplo, A. Collins, "Cognitive Apprenticeship and Instructional Technology", em B. F. Jones & L. Idol (orgs.), *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction* (Hillsdale: Erlbaum, 1990); A. Collins & J. S. Brown, "The Computer as a Tool for Learning through Reflection", em H. Mandl & A. Lesgold (orgs.), *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems* (Nova York: Springer-Verlag, 1988); A. Collins et al., "Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics", cit.

⁵⁹ B. Means & K. Olson, *Technology's Role in Education Reform: Findings from a National Study of Innovating Schools* (Menlo Park: SRI International, 1995).

⁶⁰ B. Means et al., "Beyond the Classroom: Restructuring Schools with Technology", em *Phi Delta Kappan*, setembro de 1995.

O projeto CoVis desenvolveu um banco de dados hipermídia em rede – uma agenda elaborada em cooperação – para uma finalidade semelhante. A agenda está dividida em espaços de trabalho eletrônicos, chamados *cadernos de notas*, que podem ser usados por estudantes que trabalham juntos em determinada investigação.⁶¹ A agenda fornece opções para a criação de diversos tipos de páginas – questões, conjecturas, evidências a favor, evidências contrárias, planos, fases dos planos, informações e comentários. Usando o sistema hipermídia, os estudantes podem propor uma questão, depois vinculá-la a conjecturas rivais sobre as questões apresentadas por diversos estudantes (talvez de lugares diferentes) e a um plano para investigar a questão. As imagens e os documentos podem ser “anexados” eletronicamente às páginas. O uso da agenda diminuiu o tempo entre a preparação das anotações de laboratório pelos estudantes e o recebimento de feedback dos professores.⁶² O SpeakEasy (Fale Fácil), um software usado para estruturar e apoiar diálogos entre estudantes de engenharia e seus professores, apresenta funções semelhantes.⁶³

Alguns ambientes tutoriais sofisticados, que propõem problemas, também estão agora disponíveis e dão feedback aos estudantes com base em como os especialistas raciocinam e organizam seu conhecimento em física, química, álgebra, programação de computador, história e economia (ver capítulo 2). Essa compreensão maior despertou o interesse por testar as teorias a respeito do raciocínio do especialista, traduzindo-o em programas de computador, e usar sistemas informatizados expertos como parte de um programa mais amplo de ensino aos principiantes. A combinação de um modelo experto com um modelo estudantil – a representação do nível de conhecimento do aluno pelo sistema – e um modelo pedagógico que impele o sistema produziu sistemas tutoriais inteligentes, que procuram combinar as vantagens da tutoria personalizada com insights da pesquisa cognitiva sobre desempenho competente, processos de aprendizagem e raciocínio simples.⁶⁴

Uma variedade de tutoriais cognitivos informatizados foi desenvolvida para álgebra, geometria e programação LISP. Esses tutoriais cognitivos resultaram num perfil complexo de ganhos de rendimento para os estudantes, dependendo da natureza do tutorial e da maneira pela qual é integrado na sala de aula (ver quadros 7 e 8).⁶⁵

⁶¹ D. C. Edelson *et al.*, “Constructivism in the Collaboratory”, em B. G. Wilson (org.), *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design* (Englewood Cliffs: Educational Technology Publications, 1995).

⁶² *Ibidem*.

⁶³ C. M. Hoadley & P. Bell, “Web for Your Head: the Design of Digital Resources to Enhance Lifelong Learning”, em *D-Lib Magazine*, setembro de 1996, disponível em <http://www.dlib.org/dlib/september96/kie/09hoadley.html>.

⁶⁴ A. Lesgold *et al.*, “Prospects for Information Science and Technology Focused on Intelligent Training Systems Concerns”, em *Annual Review of Computer Science* (Palo Alto: Annual Review Press, 1990); D. C. Merrill *et al.*, “Effective Tutoring Techniques: a Comparison of Human Tutors and Intelligent Tutoring Systems”, em *Journal of the Learning Sciences*, 2(3), 1992.

⁶⁵ J. R. Anderson *et al.*, “Cognitive Modeling and Intelligent Tutoring”, em *Artificial Intelligence*, nº 42, 1990, “Cognitive Tutors: Lessons Learned”, em *The Journal of Learning Sciences*, nº 4, 1995.

Monstros, Mondrian e Eu

Como parte do projeto Challenge 2000 Multimedia, as professoras do ensino fundamental Lucinda Surber, Cathy Chowenhill e Page McDonald juntaram-se para empreender uma colaboração prolongada entre classes da 3ª série em duas escolas do ensino fundamental. Numa unidade que chamaram de Monstros, Mondrian e Eu, os alunos foram orientados a descrever um quadro com tal precisão, numa mensagem de correio eletrônico, que seus colegas da outra classe fossem capazes de reproduzi-lo. O projeto ilustra como as telecomunicações podem tanto evidenciar a necessidade de uma redação clara e precisa, como fornecer um foro para o feedback dos colegas.

Na fase “Monstro” do projeto, os alunos de duas classes trabalharam em duplas para inicialmente criar e desenhar monstros e, depois, descrever o conteúdo dos seus desenhos (por exemplo, “embaixo do corpo, ele tem quatro pernas roxas, com três dedos em cada perna”). O objetivo era fornecer uma descrição completa e clara, de modo que os alunos das outras classes pudessem reproduzir o monstro sem nunca tê-lo visto. A descrição era trocada por meio de correio eletrônico, e as duplas de estudantes faziam os desenhos com base no seu entendimento das descrições.

A etapa final dessa fase envolveu a troca dos “desenhos de segunda geração”, a fim de que os estudantes que haviam redigido as descrições pudessem refletir sobre seus textos, reconhecendo os pontos em que a ambigüidade ou a falta de especificação levava seus leitores a uma interpretação diferente. Os alunos seguiram as mesmas etapas de redação, troca de descrições, desenho e reflexão na fase “Mondrian”, dessa vez começando com a arte de expressionistas abstratos como Mondrian, Klee e Rothko. Na fase “Eu”, os alunos estudaram auto-retratos de pintores famosos e depois realizaram retratos de si mesmos, que procuraram descrever com suficientes detalhes, de modo que seus parceiros a distância pudessem reproduzi-los.

Ao dar aos alunos uma platéia a distância para seus textos (seus parceiros na outra escola), o projeto obrigava-os a dizer tudo no texto, sem os gestos e a comunicação oral que podiam suplementar as mensagens escritas em sala de aula. Os retratos que seus parceiros criaram com base nas descrições escritas deram a esses jovens autores um feedback tangível sobre a exatidão e clareza de sua redação.

As reflexões dos alunos revelaram que eles estavam desenvolvendo insights acerca das várias fontes potenciais de comunicação incorreta:

Talvez você tenha pulado outra parte, ou talvez fosse muito difícil de entender. A única coisa que não deixou isso ficar totalmente perfeito foi nosso erro [...]. Dissemos “Cada quadrado fica um pouco para baixo”, e o que deveríamos ter dito era “Cada quadrado está todo dentro do quadrado anterior”, ou algo assim.

Acho que poderia ter explicado melhor a boca. Devia ter dito que estava fechada. Descrevi (como se estivesse) aberta, quando disse que ela não tinha aparelho nos dentes.

Nesse projeto, as tecnologias eletrônicas que os alunos usaram eram relativamente simples (processadores de texto, correio eletrônico, *scanners*). A sofis-

ticação do projeto reside mais na estrutura, ao exigir que os estudantes se concentrem nos problemas de compreensão da audiência e façam versões para as diferentes mídias (palavras e imagens), aumentando potencialmente sua percepção dos pontos fortes e fracos de cada uma.

As ilustrações, descrições e reflexões dos alunos estão disponíveis no *website* do projeto, em <http://www.barron.palo-alto.ca.us/hover/mmm/mmm.html>.

Outro exemplo de abordagem tutorial é o projeto Sherlock, ambiente informatizado para ensinar os técnicos da Força Aérea a localizar defeitos eletrônicos no complexo sistema com que trabalham, envolvendo milhares de peças.⁶⁶ Uma simulação desse sistema era combinada com um sistema experto ou um orientador – que dava conselhos quando os aprendizes chegavam a impasses em suas tentativas de localizar os defeitos – e com ferramentas de reflexão, que permitiam aos usuários repetir sua atuação e buscar possíveis aperfeiçoamentos. Em vários testes de campo, em que os técnicos realizavam tarefas reais de detecção de defeitos, mais difíceis que as simuladas, 20 a 25 horas de treinamento com o Sherlock equivaleram a cerca de quatro anos de experiência profissional. Não surpreende que o Sherlock tenha se disseminado por muitas bases da Força Aérea americana. Duas das propriedades essenciais do Sherlock são modeladas na aprendizagem informal bem-sucedida: os aprendizes concluem com êxito todo problema que começam, diminuindo-se a quantidade de treinamento à medida que cresce a habilidade; e eles repetem e refletem sobre seu desempenho, realçando as áreas em que podem melhorar, exatamente como um jogador de futebol pode rever o vídeo de uma partida.

Vale notar que os estudantes podem utilizar esses tutoriais tanto em grupos como sozinhos. Em muitos cenários, eles trabalham juntos nos tutoriais e discutem questões e possíveis respostas com outros colegas de classe.

Conectando as salas de aula à comunidade

É fácil esquecer que o desempenho do aluno na escola também depende do que acontece fora da escola. Pôr estudantes e alunos em contato com a comunidade mais ampla pode reforçar a aprendizagem. No capítulo anterior, discutimos a aprendizagem por meio dos contatos com uma comunidade mais ampla. As universidades e as empresas, por exemplo, ajudaram as comunidades a melhorar a qualidade de ensino

⁶⁶ Por exemplo, S. P. Derry & A. M. Lesgold, “Toward a Situated Social Practice Model for Instructional Design”, em R. C. Calfee & D. C. Berliner (orgs.), *Handbook of Educational Psychology*, cit.; C. Gabrys *et al.*, “Learning by Problem Solving in a Coached Apprenticeship System”, em M. Rabinowitz (org.), *Cognitive Science Foundations of Instruction* (Hillsdale: Erlbaum, 1993).

nas escolas. Frequentemente, engenheiros e cientistas que trabalham na indústria desempenham o papel de tutores com os professores (como é o caso, por exemplo, do programa de educação científica da Universidade da Califórnia, em Irvine).

As tecnologias modernas podem ajudar a estabelecer conexões entre as atividades que os alunos realizam dentro e fora da escola. Por exemplo, a “escola transparente” utiliza telefones e secretárias eletrônicas para ajudar os pais a entender as tarefas diárias nas salas de aula.⁶⁷ Os professores precisam apenas de alguns minutos por dia para ditar as tarefas numa secretária eletrônica. Os pais podem acessar a secretária quando for conveniente e recuperar as tarefas diárias, informando-se assim do que seus filhos estão fazendo na escola. Ao contrário de algumas expectativas, os pais de baixa renda acessam as secretárias eletrônicas tanto quanto os pais de condição socioeconômica superior.

QUADRO 7

Aprendendo com o tutorial de geometria

Quando o tutorial de geometria foi instalado nas classes de uma escola do ensino médio, localizada na área urbana, os alunos passaram a resolver as provas de geometria mais rápido que o esperado pelos professores e os criadores do projeto. Os que mais se beneficiaram do tutorial foram os alunos com avaliação média e abaixo da média e rendimento inferior, com pouca confiança em suas habilidades matemáticas.⁶⁸ Mais motivados, os alunos passaram a trabalhar bem mais rápido – muitas vezes chegando mais cedo à classe para começar – e a assumir mais responsabilidades por seu próprio progresso. Os professores começaram a dedicar mais tempo para atender os alunos que pediam ajuda e a dar mais importância ao empenho ao atribuir notas aos alunos.⁶⁹

A internet também pode ajudar a manter os pais em contato com a escola dos filhos. Calendários escolares, tarefas e outros tipos de informações podem ser publicados no *site* da escola. Estes também podem ser empregados para informar a comunidade a respeito do que a escola está fazendo e de como a comunidade pode ajudar. Por exemplo, o American Schools Directory – ASD (Catálogo de Escolas Americanas) criou páginas na internet para cada uma das 106 mil escolas públicas e particulares do sistema G-12 do país, incluindo uma lista de solicitações na qual as escolas divulgam suas necessidades a fim de obter ajuda. Além disso, a ASD fornece correio eletrônico gratuito para cada aluno e professor do país.

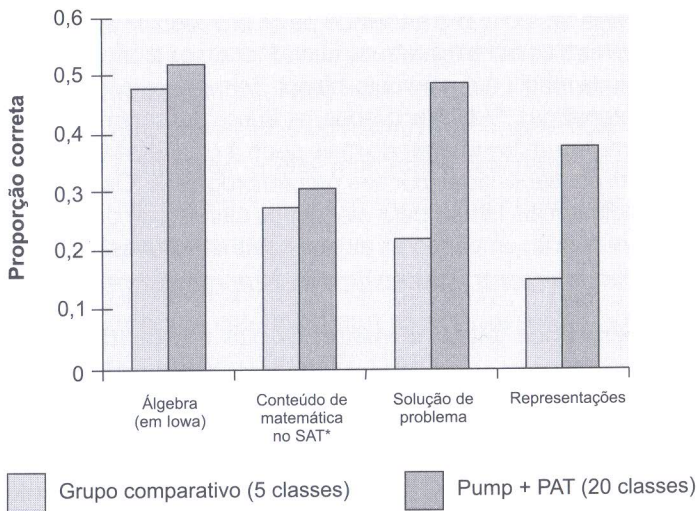
⁶⁷ J. P. Bauch (org.), “The Bridge Project: Connecting Parents and Schools through Voice Messaging”, relatório sobre projetos-piloto, Nashville, Universidade Vanderbilt & Work/Family Directions, 1997.

⁶⁸ R. Wertheimer, “The Geometry Proof Tutor: an ‘Intelligent’ Computer-Based Tutor in the Classroom”, em *Mathematics Teacher*, nº 83, 1990.

⁶⁹ J. Schofield, *Computers and Classroom Culture* (Cambridge: Cambridge University Press, 1995).

Tutorial inteligente para álgebra no ensino médio

Uma experiência em grande escala avaliou os benefícios da introdução de um sistema tutorial inteligente para álgebra num ambiente de ensino médio em área urbana.⁷⁰ Uma característica importante do projeto foi seu feito colaborativo e centrado no usuário, que coordenava o sistema tutorial de acordo com os objetivos e a competência dos professores. A colaboração produziu o currículo Pittsburgh Urban Mathematics Program (Pump – Programa de Matemática para a Área Urbana de Pittsburgh), focalizando análises matemáticas de situações reais, o uso de ferramentas informatizadas e a acessibilidade da álgebra a todos os estudantes. Um tutor inteligente, o PAT (tutor de álgebra associado ao Pump), dava suporte ao currículo. Os pesquisadores compararam os níveis de rendimento dos alunos da 8ª série de classes que utilizavam o tutorial (grupo experimental) com o rendimento das classes mais tradicionais. Os resultados demonstraram benefícios expressivos a partir da introdução do Pump e do PAT, que são usados atualmente em setenta escolas de todo o país.



* Abreviação de Scholastic Aptitude Test (Teste de Aptidão Escolar), exame nacional americano realizado pelos alunos no último ano do ensino médio. (Nota do Tradutor.)

Figura 5 – Avaliação de fim de curso do tutorial de álgebra Pump. Fonte: K. R. Koedinger et al., “Intelligent Tutoring Goes to School in the Big City”, em *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, nº 8, 1997.

⁷⁰ K. R. Koedinger et al., “Intelligent Tutoring Goes to School in the Big City”, em *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, nº 8, 1997.

Vários projetos se dedicam a investigar os fatores necessários para a criação de comunidades eletrônicas eficazes. Por exemplo, observamos anteriormente que os estudantes podem aprender mais quando têm oportunidade de interagir com cientistas em atividade, autores e outros profissionais. Uma primeira análise de seis comunidades eletrônicas, que incluíam redes de professores e alunos e um grupo de pesquisadores universitários, examinou o grau de sucesso dessas comunidades em relação ao seu tamanho e localização, sua organização, as oportunidades e o compromisso de resposta estabelecidos na rede, e a maneira de avaliarem seu trabalho.⁷¹ Nos seis grupos, três fatores foram associados ao sucesso das comunidades em rede: ênfase na comunicação grupal e não na comunicação pessoal; objetivos e tarefas bem articulados; um claro empenho em facilitar a interação grupal e estabelecer novas normas sociais.

Para disponibilizar as oportunidades de troca e aprendizagem através desses tipos de redes, estudantes, professores e orientadores devem estar dispostos a assumir papéis novos ou não tradicionais. Por exemplo, a principal finalidade do projeto de pesquisa Kids as Global Scientists (Crianças como Cientistas Globais) – um agrupamento mundial de estudantes, orientadores científicos, especialistas em tecnologia e pedagogia – é identificar os componentes-chave que tornam essas comunidades bem-sucedidas.⁷² Nas interações mais efetivas, desenvolve-se entre os parceiros, ao longo do tempo, uma adesão social. Inicialmente, o projeto constrói relacionamentos, envolvendo pessoas de diversos lugares em diálogos organizados e apresentações multimídia; em seguida, o grupo estabelece diretrizes e atividades de apoio, ajudando todos os participantes a entender suas novas responsabilidades. Os estudantes formulam questões sobre as condições meteorológicas e outros fenômenos naturais, e refinam e respondem às perguntas formuladas por eles mesmos e pelos demais participantes. A abordagem da aprendizagem baseada em diálogo cria um contexto intelectual rico, com oportunidades amplas para que os participantes melhorem sua compreensão e se envolvam mais pessoalmente na explicação dos fenômenos científicos.

Aprendizado do professor

A introdução de novas tecnologias nas salas de aula ofereceu insights novos sobre o papel dos professores na promoção da aprendizagem.⁷³ A tecnologia pode dar aos pro-

⁷¹ M. M. Riel & J. A. Levin, "Building Global Communities: Success and Failure in Computer Networking", em *Instructional Science*, nº 19, 1990.

⁷² N. B. Songer, "Learning Science with a Child-Focused Resource: a Case Study of Kids as Global Scientists", em *Proceedings of the Fifteenth Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Hillsdale: Erlbaum, 1993).

⁷³ J. P. McDonald & P. Naso, *Teacher as Learner: the Impact of Technology*, estudo desenvolvido para o Education Technology Center da Escola de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Harvard, maio

fessores liberdade para experimentar e improvisar.⁷⁴ Pode estimulá-los a pensar sobre os processos de aprendizagem, seja por meio de um novo estudo a respeito de sua própria disciplina, seja por meio de uma nova perspectiva sobre a aprendizagem do estudante. Ela reduz a barreira entre o que os alunos e os professores fazem.

Quando os professores aprendem a utilizar uma nova tecnologia em sala de aula, modelam o processo de aprendizagem para os estudantes; ao mesmo tempo, obtêm novos insights sobre o ensino ao observar seus alunos aprenderem. Além disso, nesses ambientes, a função de ensinar muitas vezes se transfere espontaneamente do professor para o aluno. Algumas crianças acabam se interessando tanto por determinada tecnologia ou software, que dedicam a isso uma boa parcela de tempo, a ponto de saberem mais do que qualquer outra pessoa da classe, até mesmo o professor. Com frequência, tanto professores como alunos são principiantes, e a criação de conhecimento é um esforço genuinamente cooperativo. A autoridade epistemológica – professores detêm o conhecimento e alunos recebem o conhecimento – é redefinida, o que, por sua vez, redefine a autoridade social e a responsabilidade pessoal.⁷⁵ A cooperação cria um ambiente no qual os principiantes podem contribuir de acordo com o que são capazes e aprender a partir das contribuições dos que são mais competentes. Em colaboração, o grupo, com sua variedade de competências, envolvimento e objetivos, leva o trabalho à conclusão.⁷⁶ Essa transferência da autoridade, com a adoção da participação cooperativa, resulta diretamente de uma motivação cognitiva intensa, ao mesmo tempo que contribui para ela.

Quando os professores aprendem a utilizar a tecnologia, sua própria aprendizagem acaba influenciando sua maneira de ajudar os estudantes a aprender:⁷⁷

- Eles devem ser parceiros na inovação; uma parceria decisiva é necessária entre professores, administradores, estudantes, pais, comunidade, universidade e a indústria da informática.

de 1986; E. Watts, *How Teachers Learn: Teachers' Views on Professional Development*, estudo apresentado na reunião anual da American Educational Research Association, Chicago, abril de 1985.

⁷⁴ B. Means & K. Olson, "Technology's Role in Student-Centered Classrooms", em H. Walberg & H. Waxman (orgs.), *New Directions for Research on Teaching* (Berkeley: McCutchan, 1995); U.S. Congress – Office of Technology Assessment, *Teachers and Technology: Making the Connection* (Washington: U.S. Government Printing Office, 1995), disponível em <ftp://gandalf.isu.edu/pub/ota/teachers.tech/>.

⁷⁵ J. J. Kaput, "Representation Systems and Mathematics", em C. Jonvier (org.), *Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematics* (Hillsdale: Erlbaum, 1987); H. Pollak, *The School Mathematics Curriculum: Raising National Expectations – Summary of a Conference*, estudo apresentado na conferência sobre currículo escolar de matemática, Universidade da Califórnia, novembro de 1986; O. Skovsmose, "Mathematical Education versus Critical Education", em *Educational Studies in Mathematics*, n° 16, 1985.

⁷⁶ A. L. Brown & J. C. Campione, "On the Importance of Knowing What You Are Doing: Metacognition and Mathematics", em R. Charles & E. Silver (orgs.), *Teaching and Evaluating Mathematical Problem Solving* (Reston: National Council of Teachers of Mathematics, 1987), p. 17.

⁷⁷ J. P. McDonald & P. Naso, *Teacher as Learner*, cit.

- Precisam de tempo para aprender: tempo para refletir, absorver descobertas e adaptar práticas.
- Precisam de conselheiros mais que de supervisores; o aconselhamento é uma parceria.

As comunidades de professores na internet estão se tornando uma ferramenta cada vez mais importante para a superação da sensação de isolamento dos professores. Também proporcionam vias de acesso para professores geograficamente dispersos, que participam dos mesmos tipos de inovação para trocar informações e oferecer apoio mútuo (ver capítulo 8). Entre os exemplos de comunidades desse tipo, incluem-se o projeto LabNet, que envolve mais de mil professores de física; o projeto de aprendizagem de matemática do Bank Street College; a rede Quill, para professores de redação do Alasca; e o projeto HumBio, no qual os professores desenvolvem cursos de biologia na rede.⁷⁸ O WEBCSILE, uma versão para internet do programa CSILE descrito anteriormente, está sendo empregado para ajudar a criar comunidades de professores.

A rede mundial proporciona outro local para os professores se comunicarem com uma audiência fora de suas próprias instituições. Na Universidade de Illinois, James Levin pede que seus alunos de graduação em educação desenvolvam páginas na *web* com suas avaliações a respeito dos recursos de educação disponíveis na rede, junto com *hot links* para aqueles que consideram mais importantes. Muitos estudantes não só criam essas páginas na *web*, como as revisam e mantêm mesmo depois de terminarem o curso. Algumas delas recebem dezenas de milhares de visitas todos os meses.⁷⁹

Embora o correio eletrônico, as listas de discussões e os *websites* permitam que os membros das comunidades de professores troquem informações e permaneçam em contato, todos esses recursos representam apenas parte de todo o potencial da tecnologia para apoio das comunidades de prática reais.⁸⁰ As comunidades de prática formadas por professores precisam criar ocasiões para interações planejadas, ferramentas para a revisão conjunta e a anotação de recursos educacionais, e oportunidades para atividades de projeto colaborativas *on-line*. Elas precisam, em geral, de ambientes que gerem a adesão social que Songer considera tão importante na comunidade Kids as Global Scientists.

⁷⁸ T. Keating, *Electronic Community: the Role of an Electronic Network in the Development of a Community of Teachers Engaged in Curriculum Development and Implementation*, tese de doutorado (Palo Alto: Universidade de Stanford, 1997); T. Keating & A. Rosenquist, *The Role of an Electronic Network in the Development of a Community of Teachers Implementing a Human Biology Curriculum*, estudo apresentado na reunião anual da National Association for Research in Teaching, San Diego, 1998.

⁷⁹ J. Levin *et al.*, "Teaching Teleapprenticeships: a New Organizational Framework for Improving Teacher Education Using Electronic Networks", em *Journal of Machine Mediated Learning*, 4(2 e 3), 1994.

⁸⁰ M. S. Schlager & P. K. Schank, "TAPPED IN: a New On-Line Teacher Community Concept for the Next Generation of Internet Technology", em *Proceedings of CSCL '97*, na Conferência Internacional sobre o Uso da Informática na Aprendizagem Cooperativa, Toronto, 1997.

O Teacher Professional Development Institute – Tapped In (Instituto de Desenvolvimento Profissional do Professor), ambiente virtual multiusuário, integra comunicação síncrona (“ao vivo”) e assíncrona (como correio eletrônico). Os usuários podem arquivar e trocar documentos e interagir com objetos virtuais num ambiente eletrônico, modelado com base num típico centro de conferências. Os professores podem acessar o Tapped In para discutir questões, criar e partilhar recursos, realizar seminários, atuar como orientadores e realizar inquirições colaborativas, com a ajuda de versões virtuais de ferramentas conhecidas, como livros, lousas, fichários, blocos de anotações e quadros de avisos. Podem percorrer os “espaços” públicos, examinando os recursos de cada um e envolvendo-se em conversas espontâneas, ao vivo, com outros professores que exploram os mesmos recursos. Mais de uma dezena de importantes organizações de desenvolvimento profissional de professores criaram ambientes no Tapped In.

Além de ajudar a comunicação e o desenvolvimento profissional contínuo, a tecnologia é utilizada em seminários para professores recém-formados. Um dos desafios de fornecer desenvolvimento profissional para os novos professores é dar-lhes tempo adequado para observar os mais experientes e tentar seus próprios vôos na sala de aula, onde diversas decisões devem ser tomadas ao longo do dia e são poucas as oportunidades de reflexão. Em geral, os futuros professores têm pouca experiência com a sala de aula antes de começar sua atividade de ensino, e seus instrutores quase sempre dispõem de pouco tempo para acompanhá-los em classe, observando e criticando seu trabalho. A tecnologia pode ajudar a superar essas restrições, capturando a complexidade das interações da sala de aula numa mídia múltipla. Por exemplo, os professores aprendizes podem reprisar vídeos de situações de sala de aula, para aprender a ler indícios sutis fornecidos pela classe e observar aspectos importantes que lhes escaparam à primeira vista.

Alguns bancos de dados foram criados para ajudar os professores em diversas áreas temáticas. Um deles é um arquivo em vídeo contendo aulas de matemática para alunos da 2ª e 3ª séries dadas pelas especialistas Magdalene Lampert e Deborah Ball.⁸¹ As aulas exibem o ensino orientado por inquirição, em que os estudantes resolvem problemas, raciocinam e participam de discussões calorosas sobre os princípios matemáticos em que basearam suas soluções. Os videoteipes permitem que os professores aprendizes parem em qualquer ponto da ação e discutam as nuances do desempenho do professor com seus colegas e instrutores. As anotações dos professores e um arquivo dos trabalhos dos estudantes sobre as lições enriquecem ainda mais o recurso.

Um banco de dados multimídia de videoclipes de professores experientes, usando diversas estratégias de instrução e de condução da sala de aula, foi criado pela Univer-

⁸¹ M. Lampert & D. L. Ball, *Teaching, Multimedia, and Mathematics: Investigations of Real Practice* (Nova York: Teachers College Press – Universidade de Colúmbia, 1998).

sidade de Indiana e pelo North Central Regional Educational Laboratory (Laboratório Educacional da Região Centro-Norte).⁸² Cada lição inclui materiais como plano de aula do professor, comentários de especialistas externos e artigos de pesquisa afins. Outro recurso tecnológico é uma coleção de discos (videodiscos e CD-ROMs) para o ensino da leitura, apresentando aos futuros professores uma variedade de diferentes abordagens para esse ensino. O programa também inclui informações sobre o cenário escolar e comunitário, a filosofia dos diretores escolares, um vislumbre do que os professores fazem antes do início das aulas e os registros dos trabalhos dos alunos à medida que progridem ao longo do ano.⁸³

Uma abordagem diferente é mostrada em bancos de dados multimídia interativos, desenvolvidos pela Universidade Vanderbilt, que ilustram o ensino de matemática e ciências. Dois segmentos, por exemplo, fornecem videoteipes editados do mesmo professor dando aulas de ciências para alunos da 1ª série. Em uma aula, o professor e os alunos discutem conceitos de isolamento apresentados num capítulo do livro escolar; na segunda aula, o professor conduz os alunos numa investigação prática a respeito da quantidade de isolamento proporcionada por xícaras feitas de materiais diferentes. Superficialmente, o professor parece entusiasmado e articulado em ambas as aulas, e os estudantes estão bem comportados. No entanto, a repetição dos videoteipes revela que, na primeira aula, a capacidade dos alunos de repetir as palavras corretas talvez mascarasse alguma concepção incorreta persistente. As concepções incorretas ficam muito mais evidentes no contexto da segunda aula.⁸⁴

Num outro exemplo, embora diferente, de como a tecnologia pode ajudar a preparar professores iniciantes, alunos da Universidade de Illinois que estavam se especializando em educação e freqüentavam cursos de ciências da divisão inferior, como biologia, ficavam eletronicamente conectados com salas de aula do sistema G-12, para responder às perguntas dos estudantes sobre a disciplina. Os universitários ajudavam os estudantes do sistema G-12 a investigar as ciências. Mais importante do que isso, tinham ali uma visão dos tipos de perguntas que os alunos dos ensinos fundamental e médio costumam fazer sobre a disciplina, o que os motivava a extrair mais dos seus cursos na universidade.⁸⁵

⁸² T. M. Duffy, "Strategic Teaching Framework: an Instructional Model for Learning Complex Interactive Skills", em C. Dills & A. Romiszowski (orgs.), *Instructional Development State of the Art: vol. 3, Paradigms and Educational Technology* (Englewood Cliffs: Educational Technology Publications, 1997).

⁸³ Por exemplo, C. K. Kinzer et al., *Students' Perceptions of Instruction and Instructional Needs: First Steps toward Implementing Case-based Instruction*, estudo apresentado na reunião anual da National Reading Conference, San Antonio, dezembro de 1992; V. J. Risko & C. K. Kinzer, *Multimedia Cases in Reading Education* (Boston: McGraw-Hill, 1988).

⁸⁴ L. C. Barron & E. S. Goldman, "Integrating Technology with Teacher Preparation", em B. Means (org.), *Technology and Education Reform* (São Francisco: Jossey-Bass, 1994).

⁸⁵ J. Levin et al., "Teaching Teleapprenticeships", cit.

Conclusão

A tecnologia tornou-se um instrumento importante na educação. As tecnologias baseadas na informática são muito promissoras, tanto para aumentar o acesso ao conhecimento como para promover a aprendizagem. A imaginação pública foi capturada pela capacidade das tecnologias de informação de centralizar e organizar grandes volumes de conhecimento; as pessoas estão animadas com a perspectiva das redes de informações, como a internet, ligando estudantes de todo o mundo em comunidades de aprendizes.

O que ainda precisa ficar claro é que as tecnologias baseadas na informática podem ser ferramentas pedagógicas extremamente eficazes – não apenas fontes valiosas de informações, mas também extensões das aptidões humanas e contextos para interações sociais de apoio à aprendizagem. O processo de uso da tecnologia para a melhoria da aprendizagem não consiste apenas numa questão técnica, preocupada somente com a propriedade dos equipamentos e dos programas educacionais. Como um livro didático ou qualquer outro artefato cultural, os recursos tecnológicos para a educação – seja um software de simulação científica, seja um exercício de leitura interativo – atuam num ambiente social mediado por conversações de aprendizagem com colegas e professores.

Tão importante quanto as questões sobre a aprendizagem e a discussão sobre se os produtos voltados para crianças são adequados ao seu desenvolvimento são as questões que afetam aqueles que utilizarão esses produtos como ferramentas para promover a aprendizagem: isto é, os professores. Ao pensar em tecnologia, é útil também pensar numa estrutura de suporte para a criação de ambientes de aprendizagem centrados na aprendizagem, no conhecimento, na avaliação e na comunidade. Há diversas maneiras de utilizar a tecnologia para ajudar a criar tais ambientes, tanto para os professores como para seus alunos. Muitas questões surgem quando se pensa em como educar os professores a usar as novas tecnologias de modo efetivo. O que eles precisam saber sobre os processos de aprendizagem? Sobre a tecnologia? Que tipos de treinamento são mais eficazes para ajudá-los a utilizar programas instrucionais de alta qualidade? Qual é a melhor maneira de empregar a tecnologia para facilitar a aprendizagem do professor?

Bons softwares educacionais e boas ferramentas de apoio ao professor, desenvolvidos com pleno entendimento dos princípios da aprendizagem, ainda não se tornaram a norma. Em geral, os criadores de softwares são movidos mais pelo mercado dos jogos eletrônicos do que pelo potencial de seus produtos de servir à aprendizagem. A indústria de softwares, os especialistas em aprendizagem e os formuladores de políticas educacionais, em parceria, precisam assumir o desafio de explorar a promessa representada pelas tecnologias da informática para a melhoria da aprendizagem. Há muito ainda a aprender sobre o uso do potencial tecnológico: para isso, a pesquisa da aprendizagem precisará se tornar parceira constante do desenvolvimento de softwares.