

COMPUTADORES NAS ESCOLAS

Os computadores não estão a surgir nas escolas como poção milagrosa para todos os males da educação, mas a sua presença no dia-a-dia escolar promete tornar-se tão útil, familiar e discreta como na vida diária de todos nós.

ANTÓNIO DIAS FIGUEIREDO

“**A** nossa vida social sofreu uma mudança profunda e radical. Se pretendermos que a educação tenha algum significado para a vida, teremos que fazê-la passar por uma transformação igualmente completa” afirmava há cerca de setenta anos John Dewey, o eminente filósofo da educação. A velha educação, com a sua “passividade de atitude, a massificação mecânica das crianças, a uniformidade de currículo e de método, tinha o centro de gravidade fora da criança, no professor, no livro de texto, em qualquer lado e em todo o lado que se queira, excepto nos instintos e actividades da própria criança”. O problema que confronta os educadores hoje em dia, prosseguia em outro do seus escritos, é o de, nas condições modificadas da vida moderna, “introduzir na escola ocupações que reclamem responsabilidades pessoais e que exercitem a criança para as realidades físicas da vida”. E observava: “Se pensarmos bem na sala de aula comum, com as suas filas de desagradáveis carteiras, agrupadas para que haja o menor espaço de movimento possível, poderemos reconstituir a única actividade educacional que, em boa verdade, pode desenrolar-se num tal local, ... a de ouvir”.

“Ao exercitar uma criança para a actividade de pensamento devemos, acima de tudo, precaver-nos contra as ideias inertes - isto é, as ideias que são meramente recebidas pela mente sem serem utilizadas, ou testadas, ou lançadas em novas combinações”, dizia, pela mesma altura, Alfred Whitehead, o ilustre filósofo, educador e matemático. “Uma edu-

cação que não começa por evocar a iniciativa e acaba a encorajá-la tem que estar errada”, afirmava ainda.

O aspecto que mais perturba na recordação destas afirmações, volvidas que são largas dezenas de anos sobre as datas em que foram proferidas, é o de se manterem, na sua essência, perfeitamente actuais. Nem uma geração inteira de reformadores e de críticos radicais à escola tradicional, nem a quase unanimidade das censuras dos especialistas de educação mais recentes, nem a mudança alucinante da vida económica e social que se seguiu à mudança que John Dewey considerava já tão profunda e radical, bastaram para abalar a inércia de uma escola burocratizada e voltada sobre si mesma, malgrado os esforços que muitos dos seus agentes desenvolveram, e desenvolvem, com afinco, para a reformar.

A introdução dos computadores nas escolas não será, por certo, por si só, nenhuma panaceia para a resolução destes males. Bastará recordarmos as imagens, que nos chegam de fora, de salas de aula supostamente modelares, onde os computadores se alinham nas tradicionais e massificadas filas de carteiras, para reconhecermos que nessas salas nada terá mudado - a não ser, talvez, para pior - na concepção que se tem do acto educativo.

A resolução dos males estará, como sempre, nas vontades humanas. E não têm faltado, felizmente, experiências profundamente inovadoras - apoiadas, ou não, no uso de computadores - que rompem com o imobilismo das instituições, e nos dão uma imagem do que poderá



Licenciado em Engenharia Electrotécnica pela Universidade do Porto, e doutorado em Informática pela Universidade de Manchester (1976), António Dias de Figueiredo é professor catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Coimbra. No âmbito da CEE representa Portugal no Grupo para as Tecnologias da Informação em Educação e participa no projecto “Start-up” do Programa DELTA. Pertence à comissão científica internacional do “NATO Special Programme on Advanced Educational Technology” e é orientador científico nacional do Projecto MINERVA. Já publicou mais de cinquenta trabalhos de investigação.

ser uma escola de sucesso. Só que o sistema educativo é um sistema extremamente pesado na adopção de novas dinâmicas, e complexo nas interacções entre componentes. Se é fácil pôr em marcha um processo de inovação em pequenos sectores do sistema, é particularmente difícil propagá-lo a todo o sistema sem riscos consideráveis de desvirtuação de objectivos e de práticas, que poderão condenar ao fracasso os esforços e os meios dispendidos.

É em particular a esse nível que a introdução dos computadores poderá ter um papel a desempenhar na contribuição para a harmonização, e para a consolidação, de um processo de mudança dirigido à totalidade do sistema.

A utilização qualificada dos computadores no sistema educativo reveste-se, a nosso ver, de consideráveis benefícios quando dirigida, em particular, para a exploração das suas potencialidades, como:

- instrumentos que enriquecem as estratégias pedagógicas do professor e estimulam, em diversos contextos educativos, metodologias mais incentivadoras da actividade, participação, colaboração, iniciativa e criatividade dos alunos;
- ferramentas de visualização, simulação, análise, síntese, e organização de conhecimentos, susceptíveis de serem enquadradas pelos alunos em estratégias e competências de actuação e de aprendizagem mais adaptadas à crescente intelectualização do trabalho;
- mecanismos de adaptação dos contextos educativos a características particulares de alguns alunos, tanto no que se refere a estilos de aprendizagem que se apoiam mais dificilmente nos suportes convencionais, como na superacção de dificuldades que resultam de deficiências físicas ou psíquicas;
- suportes de actualizações curriculares, nas diversas disciplinas, e em áreas interdisciplinares;
- instrumentos potenciadores da criação de novas dinâmicas sociais de aprendizagem, quer em ambientes formais, quer em ambientes informais de aprendizagem;
- mecanismos para a exploração de novas representações do mundo físico e de ligações mais ricas da actividade laboratorial escolar com a realidade experimental;
- sustentáculos de novas estratégias da escola (na agregação de interesses dentro de grupos disciplinares, no suporte a iniciativas transdisciplinares, e na ligação da escola com outras escolas e com a realidade social, económica e natural circundantes);
- instrumentos de apoio à actividade do professor na gestão e acompanhamento do processo de ensino/aprendizagem, nomeadamente no que respeita à elaboração de suportes de apoio à sua actividade, manutenção de registos, e avaliação formativa e sumativa (elaboração de testes e sua classificação e tratamento estatístico);

- suportes de uma infra-estrutura informática ao serviço da organização do ensino, aos diversos níveis do aparelho educativo;
- estímulos de uma reflexão permanente sobre o acto pedagógico (quer seja apoiado, quer não, por computadores).

Esta reflexão sobre o acto pedagógico, conduzida por uma população crescente de professores, tem constituído um benefício importante, muitas vezes ignorado, da introdução dos computadores nas escolas. Com efeito, os computadores têm vindo a operar, em muitos casos, como instrumentos de uma renovação de atitudes há muito desejada, mas que, embora independente do uso de novos meios, só agora parece estar a encontrar, com eles, um estímulo e um contexto que muitos docentes sentiam que faltava.



Fig. 1 - Livro de texto e computador em exploração conjunta.

AS TEORIAS DA APRENDIZAGEM

A utilização dos computadores nas escolas processou-se, durante muitos anos, e em muitos países e sistemas educativos, numa ignorância quase total de razões de natureza pedagógica. É certo que a História demonstra que os métodos pedagógicos não se desenvolvem normalmente por razões pedagógicas, mas por razões económicas e sociais: são as necessidades do desenvolvimento económico e do controlo social que determinam, em última instância, a estrutura e o funcionamento dos sistemas educativos. No entanto, no caso da introdução dos computadores nas escolas, e em particular nos países que desempenharam o papel de pioneiros, a aplicação apressada desta lei teve custos elevados: a colocação de equipamentos em escolas onde não existiam professores preparados, a proliferação de suportes lógicos educacio-

nais de qualidade nula, e a confusão geral acerca dos objectivos a atingir com a introdução dos novos meios, redundou, em muitos casos, em situações grotescas de distorção pedagógica e de desperdício de recursos.

Por isso se afigura importante que, ao procurar perspectivar as potencialidades e as modalidades de utilização dos computadores nas escolas, se deva tomar como referência o desenvolvimento, nas últimas décadas, da investigação acerca dos mecanismos da aprendizagem. É com esse objectivo que se traça aqui um esboço, necessariamente muito breve, das etapas mais significativas desse desenvolvimento.

O nosso século foi marcado por duas grandes correntes sobre as bases psicológicas da aprendizagem: o “behaviourismo” e o “cognitivismo”. O behaviourismo surgiu de forma fulgurante no início da segunda década do século, como reacção contundente à ausência de rigor científico das ruminacões subjectivas, de carácter introspeccionista, em que laboravam os psicólogos dessa época. Fazendo tábua rasa de muitas décadas de pensamento válido que antecederam esse período menos feliz da história da educação, e apoiando-se na popularidade de que gozavam nessa altura as correntes positivistas, os psicólogos behaviouristas, liderados por John Watson, passaram a defender com a mais radical das intransigências os princípios positivistas da observação e da experimentação.

Nessa óptica, sustentavam que o objectivo fundamental da psicologia não era o estudo do funcionamento da mente, mas sim o estudo das regras do comportamento, desenvolvido com base exclusiva no exame de comportamentos objectivos e observáveis. A actuação dos indivíduos - incluindo a sua capacidade para aprender - não resultaria das suas sensações, percepções, imagens, desejos ou intenções, nem de mecanismos mentais com virtudes estruturantes, mas sim das forças e factores a que fossem sujeitos pelo ambiente circundante. A aprendizagem era, assim, um processo reflexo e relativamente passivo: a mente constituía uma “caixa preta” que, recebendo informação e estímulos do exterior, reagia fornecendo comportamentos. O que se passava no seu interior, sendo inacessível à observação, era destituído de qualquer interesse.

Uma das consequências mais relevantes do behaviourismo para o estudioso das relações entre computadores e aprendizagem foi a do desenvolvimento do “ensino programado”, uma criação do psicólogo behaviourista B. F. Skinner, que conheceu grande sucesso nos anos sessenta. Numa unidade de ensino programado a matéria a ensinar é dividida em pequenos módulos de dificuldade crescente, que são encadeados segundo uma sequência lógica. Depois de lhe ter sido apresentado um módulo, o aluno é sujeito a uma ou mais perguntas que permitem avaliar o seu sucesso na aprendizagem do módulo e que condicionam a passagem ao módulo seguinte. As perguntas são consideradas como estímulos,

aos quais, no caso de a resposta ser correcta, corresponde um comentário elogioso imediato. O comentário representa um reforço positivo destinado a consolidar a retenção das matérias sobre as quais as perguntas incidiam. Por outras palavras, a um estímulo corresponde uma resposta que, no caso de ser correcta, é reforçada para assegurar a retenção do comportamento que exprime.

A progressão na sequência e os mecanismos de repetição e reforço são concebidos com um grande pormenor que assegura uma cobertura minuciosa e, desejavelmente, a retenção de toda a matéria. Conforme a progressão se verifique segundo uma sequência linear, ou obedecendo a redes arborescentes, assim se terão, respectivamente, os “programas lineares”, defendidos por Skinner, ou os “programas ramificados” propostos por um outro psicólogo behaviourista, Crowder.

Embora uma das principais consequências do ensino programado tenha sido a publicação de grande número de manuais, das mais diferentes matérias, organizados segundo os princípios behaviouristas da atomização dos conteúdos, do encadeamento por graus crescentes de dificuldade, do reforço positivo, e da repetição, interessa-nos notar em particular que desde muito cedo vários módulos deste tipo de ensino foram programados em computador. O passo decisivo da aproximação entre aprendizagem e computadores surgiu, assim, pela mão dos behaviouristas. A “Instrução Assistida por Computador, (“Computer Assisted Instruction”, ou CAI), hoje considerada uma das formas mais rudimentares da “Aprendizagem Assistida por Computador, (“Computer Assisted Learning”, ou CAL), nasceu precisamente dessa aliança. As primeiras versões do Sistema PLATO, desenvolvido na Universidade de Illinois, Urbana, nas quais o terminal do computador se comportava como um dispositivo para fazer deslizar no “ecran” as páginas de um “livro” electrónico, constitui um dos exemplos mais representativos desta era.

Ao defenderem que a aprendizagem se processava, por efeito exclusivo do ambiente, da parte para o todo, e do concreto para o abstracto, as teorias atomistas e ascendentes dos psicólogos behaviouristas opunham-se frontalmente às convicções cognitivistas de que a aprendizagem resulta de uma estruturação gradual dos conhecimentos construída pelo próprio instruendo, e rompiam de forma radical com a tradição molar e descendente dos psicólogos Gestaltistas e dos seus predecessores da escola de Würzburg. Foi graças a programas de investigação como os de Jean Piaget, na Suíça, de Fredric Bartlett e William McDougall, no Reino Unido, e de Karl Lashley e Edward Tolman, nos Estados Unidos, e a conceitos molares por eles defendidos, como os de padrões, estruturas, operações e estratégias, que as convicções de raiz essencialmente cognitivista herdadas do Gestaltismo se mantiveram vivas durante o longo apogeu da era behaviourista. Foi assim que em 1948, numa célebre conferência sobre Mecanismos Cerebrais e Comportamento reali-

zada no California Institute of Technology, o próprio Karl Lashley, ex-discípulo de John Watson, encontrou condições para lançar o primeiro ataque à hegemonia behaviourista.

De todos os nomes representativos do cognitivismo, o de Jean Piaget merece lugar de destaque, pela profunda influência que exerceu sobre a actual geração de educadores, nomeadamente no que se refere à compreensão dos mecanismos da aprendizagem na criança, desde a nascença até à adolescência. Nas teorias que emergem dos seus trabalhos destaca-se a importância de que se reveste para o desenvolvimento cognitivo da criança a exploração activa que ela própria faz do seu ambiente circundante, e que a leva, através de um processo complexo de assimilação, de acomodação e de procura de equilíbrios, a organizar as suas experiências em padrões de conhecimentos. A experiência vivida é assim interiorizada, de tal forma que a criança passa a dispor de representações mentais do mundo.

Para além do nome de Piaget, muitos outros, ainda que eventualmente menos conhecidos dos não especialistas, constituem referência imprescindível para os estudiosos das utilizações dos computadores na educação. Desde o Modelo de Processamento de Informação proposto por



Fig. 2 - Uma situação frequente, a merecer reflexão: os rapazes, mais empreendedores, junto ao computador; as raparigas, mais contemplativas e distantes...

Shiffrin e Atkinson para descrever os processos de memorização, até à Teoria dos Modelos Mentais de Johnson Laird, passando pelas propostas de Jerome Bruner acerca das fases da conceptualização, todo um corpo de doutrina acumulado ao longo dos últimos anos na denominada “Ciência Cognitiva” se torna agora fundamental para compreender os efeitos das tecnologias da informação na educação e orientar com racionalidade a sua evolução futura.

Na ciência cognitiva têm-se agregado, ao longo das quatro últimas décadas, especialistas provenientes de várias disciplinas específicas - em particular da psicolo-

gia, inteligência artificial, neurociência, filosofia, antropologia e linguística (que alguns denominam as “ciências cognitivas”). Na sua preocupação fundamental de investigar os mecanismos do pensamento e da aprendizagem no ser humano e na máquina, a ciência cognitiva tem tido um profundo impacto, tanto no progresso das teorias da educação como no desenvolvimento de uma vocação cognitiva para as tecnologias educativas, ainda excessivamente dominadas por práticas tradicionais de inspiração behaviourista, que tendiam a enfatizar artificialmente o ensino em detrimento da aprendizagem.

Ao fornecer um corpo de saber teórico para a compreensão da natureza activa do raciocínio e da aprendizagem, e ao apontar métodos de verificação da teoria suficientemente apurados para conferirem valor operativo às explicações que vinham a ser propostas sobre os mecanismos da estruturação do saber, a ciência cognitiva veio reforçar de forma decisiva um longo processo de contestação das estratégias mecânicas do behaviourismo e do ensino do século XIX, estas últimas, por sua vez, ainda fortemente enraizadas nos cânones de repressão da autonomia e da curiosidade intelectual herdados da escolástica medieval.

Um primeiro exemplo ilustrativo da contribuição da ciência cognitiva para a reforma de um ensino essencialmente centrado sobre a repetição mecânica e a memorização pode ser colhido em trabalhos recentes de análise experimental sistemática das estratégias de aprendizagem seguidas pelos alunos em tarefas de natureza académica. De acordo com as conclusões destes trabalhos, alguns alunos seguem uma “abordagem profunda”, guiada pela intenção de conseguir uma compreensão genuína das matérias, e necessitam para esse efeito de meios que lhes permitam estabelecer uma interacção viva com o seu saber e experiência anteriores. Outros, pelo contrário, optam por uma “abordagem superficial” dirigida para a satisfação de requisitos impostos externamente e, sem colocarem qualquer interesse pessoal na tarefa de aprender, limitam-se a memorizar os aspectos pontuais sobre os quais esperam vir a ser avaliados. Como se verificou no quadro deste trabalho, só a primeira abordagem - a mais difícil, se não, por vezes, mesmo, impossível, de incentivar nos sistemas educativos tradicionais - permite uma compreensão efectiva das matérias, e só ela possibilita ao aluno construir um quadro conceptual sobre o qual assenta a criação de competências e uma retenção de longo prazo autêntica.

Compreende-se assim que contextos de aprendizagem que permitem liberdade de escolha, enfatizam a relevância, estimulam o interesse, recompensam explicitamente o progresso, se ajustam às competências dos alunos e asseguram a ligação com conhecimentos previamente adquiridos sejam considerados privilegiados para assegurar uma pedagogia de competência. Compreende-se, em contrapartida, que factores como a ansiedade, a falta de motivação instrumental, os condicionalismos de tempo,

a falta de liberdade na escolha de estratégias de aprendizagem autónomas, e a imposição de métodos de avaliação inibidores possam remeter os alunos para abordagens superficiais geradoras de insucesso.

É tendo em consideração este tipo de factores que se assiste presentemente a uma alteração profunda nas abordagens de utilização dos computadores na educação.

Quebrando com uma tradição de cerca de vinte anos de empirismo e de sujeição a critérios de natureza predominantemente tecnológica, que com frequência se materializavam em soluções pedagógicas ainda mais ultrapassadas do que as que pretendia reformar, a utilização educacional dos computadores começa agora a entrar numa fase de maturidade claramente apoiada em razões de natureza pedagógica, tanto a nível da concepção de suportes lógicos educacionais como ao nível das estratégias de utilização dos computadores nos ambientes formais e informais da aprendizagem escolar.

Um outro exemplo da contribuição da ciência cognitiva para a renovação da qualidade da aprendizagem nas escolas diz respeito a estudos efectuados com o objectivo de comparar as estratégias seguidas por peritos e por noviços na resolução de um problema. Verificou-se que enquanto os primeiros concentram maioritariamente o seu esforço na compreensão do problema, e o resolvem em geral com relativa facilidade uma vez compreendido, os segundos tendem a lançar-se de imediato na resolução, muito antes de terem compreendido todas, ou sequer parte, das condicionantes das quais depende a solução. Embora a abordagem sistémica, descendente, usada pelo perito esteja hoje consagrada para a resolução de problemas de qualquer índole, o reconhecimento da importância de criar condições para o exercício pleno deste tipo de abordagem nas didácticas das diversas disciplinas é ainda pouco generalizado. A utilização dos computadores para a criação de micromundos de complexidade crescente, que adiante se referirá, e as estratégias seguidas por um número crescente de professores na exploração pedagógica dos processadores de texto, das folhas de cálculo, dos sistemas de gestão de bases de dados e dos programas de projecto assistido por computador são exemplos de aplicações escolares em que estas conclusões começam a ser tidas em consideração.

Como estas, muitas outras aquisições recentes da ciência cognitiva começam a influenciar a concepção de suportes lógicos educacionais e as estratégias seguidas pelos pedagogos na utilização dos computadores como auxiliares da aprendizagem. É nesse espírito que as variáveis individuais dos alunos (níveis de inteligência geral, conhecimentos prévios, estilos cognitivos, pré-representações, tempos de latência) começam a ser articuladas com modelos descritivos dos processos de aprendizagem, modelos do conhecimento, análises dos conteúdos e produtos das actividades, tendo em vista assegurar uma utilização educacional do computador cada vez mais qualificada.

MODALIDADES DE UTILIZAÇÃO DOS COMPUTADORES NA EDUCAÇÃO

Uma forma relativamente eficiente de familiarizar o leitor com as utilizações educacionais dos computadores consiste em descrever, segundo uma perspectiva taxonómica, as diversas modalidades de que se pode revestir essa utilização. Seguiremos aqui as linhas gerais de uma abordagem adoptada pela OCDE, que distingue três grandes modalidades, ou modos, de utilização: o modo tutor, o modo ferramenta e o modo instruendo (Quadro 1). No *“modo tutor”*, o computador; tal como um tutor humano, assume, de forma mais ou menos directiva, o papel de orientador do processo de aprendizagem. No *“modo ferramenta”*, o computador tem um papel muito mais neutro, e independente das matérias a aprender, comportando-se essencialmente como um instrumento que o aluno utiliza com grande margem de iniciativa na realização de tarefas que, directa ou indirectamente, se inscrevem no processo de aprendizagem. Quanto ao *“modo instruendo”*, poderemos desceve-lo como sendo o reverso do modo tutor: o computador assume-se como discípulo, e deixa ao aluno a incumbência de se comportar como tutor.

Quadro 1

Modalidades de utilização dos computadores na educação

MODO TUTOR	TUTORES	CONVENCIONAIS
		INTELIGENTES
	EXERCÍCIOS REPETITIVOS SIMULAÇÃO E MODELAÇÃO RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS JOGOS EDUCATIVOS SUPORTES EDUCACIONAIS ABERTOS	
MODO FERRAMENTA	SUPORTES LÓGICOS DE APLICAÇÃO LABORATÓRIOS APOIADOS POR MICROCOMPUTADORES SISTEMAS DE GESTÃO DO ENSINO/APRENDIZAGEM	
MODO INSTRUENDO	LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO MICROMUNDOS	

Os exemplos mais clássicos do modo tutor, representados pelos denominados *“programas tutores”*, ou simplesmente *“tutores”*, remontam aos anos sessenta, e correspondem à aplicação das teorias behaviouristas de Skinner e de Crowder sobre o ensino programado. Os programas tutores apresentam-se como conjuntos de perguntas-respostas organizados segundo sequências lineares, ou obedecendo a redes ramificadas em vários níveis de dificuldade, nos quais a progressão do aluno é condicionada pela sua capacidade de fornecer ao computador respostas previstas. A rigidez estrutural destes programas,

que os torna inadequados para todas as formas de exploração que não tenham sido previstas pelo autor, restringe consideravelmente a sua aplicabilidade. No entanto, algumas evoluções mais recentes, nas quais se procurou superar as limitações de uma lógica estritamente behaviourista, têm encontrado algum sucesso, em particular na aprendizagem de aspectos sectoriais da Matemática e das Ciências da Natureza. Por outro lado, quando não explorados de forma exclusiva, mas sim como componentes de programas que integram algumas das outras modalidades, ou mesmo como componentes de conjuntos multimídia de aprendizagem, os programas tutores podem constituir auxiliares de utilidade inquestionável.

Com os progressos da investigação em Inteligência Artificial e a aproximação entre os investigadores deste domínio e os da Psicologia Cognitiva, a filosofia dos programas tutores desdobrou-se muito recentemente para um novo rumo, radicalmente afastado das influências behaviouristas: o dos *“sistemas tutores inteligentes”*. Um sistema tutor inteligente típico procura conduzir o aluno num processo de aprendizagem que o vai aproximando do nível de competência do perito na matéria a aprender. Para esse efeito, um sistema tutor inteligente comporta três módulos: um sistema pericial, que simula o conhecimento que um perito tem sobre a matéria a aprender, e que, a partir desse conhecimento, é capaz de responder às questões colocadas pelo aluno, de analisar as respostas que o aluno dá, de gerar exemplos, e de explicar as soluções que propõe; um módulo de diagnóstico, que, com base nas respostas do aluno, vai construindo um modelo cognitivo do aluno com quem está a interagir; e um módulo das estratégias de progressão, que, tomando em consideração o modelo que vai construindo do aluno, vai definindo a sequência de tarefas que melhor se adapta ao seu nível de compreensão, competência e estilo cognitivo.

Como se ilustra no Quadro 1, os *“exercícios repetitivos”* são outra das modalidades da utilização do computador como tutor. Trata-se igualmente de uma abordagem nascida das interpretações behaviouristas do processo de aprendizagem, que explora, neste caso, as potencialidades do computador como meio de assegurar, por um lado, mecanismos de reforço, e por outro a condução do aluno ao longo de uma cadeia de exercícios de complexidade crescente. O computador propõe um problema ao qual o aluno procura dar resposta: se a resposta for certa, o computador apresenta outro problema de maior dificuldade; se for errada, o computador sugere problemas mais fáceis, e poderá, eventualmente, aconselhar o auxílio do professor. Ao contrário dos programas tutores, os programas de exercícios repetitivos não prevêm, em geral, a apresentação de matéria nova.

Esta segunda modalidade de utilização do computador em modo tutor tem encontrado algum sucesso quando explorada fora da sala de aula, nomeadamente: no apoio

a disciplinas que, como as de línguas estrangeiras, exigem a aquisição e reforço de automatismos; em estratégias de recuperação de alunos com dificuldades de aprendizagem; e como forma de orientar e estimular alguns alunos em trabalhos individuais de consolidação de conceitos. No entanto, o facto de se limitar a promover a criação de automatismos de baixo nível, e o seu emprego indiscriminado, normalmente desenquadrado de uma cuidadosa fundamentação pedagógica que evite que se substitua ao estímulo de faculdades de raciocínio superiores, tem conduzido a grande número de práticas aberrantes, e justifica muito do ceticismo que tem vindo a ser alimentado a seu respeito. Constitui, apesar disso, ainda, a modalidade mais divulgada no mercado mundial, onde empresas, muitas vezes de competência pedagógica duvidosa, conseguem, através do aliciente da imagem e da cor, encantar os professores e responsáveis escolares menos preparados para a introdução dos computadores nas escolas. A complementaridade evidente entre a utilização do computador em exercícios repetitivos e a sua utilização em programas tutores justifica que os dois métodos se encontrem frequentemente associados, e que alguns autores optem mesmo por os agrupar numa única categoria.

Uma terceira modalidade da utilização do computador como tutor é a que corresponde à sua exploração como instrumento de *“simulação e construção de modelos”*. O computador é usado, neste caso, para construir uma descrição simplificada do mundo real, reduzindo-o a um conjunto de elementos, condições, relações e processos que facilitam o seu estudo. Pode-se construir, assim, por exemplo, o modelo de um reactor nuclear, de uma cadeia da indústria química, de um acontecimento histórico, ou de um fenómeno físico, químico ou biológico, e deixar que o aluno, por simples alteração de variáveis, verifique à vontade a confirmação, ou não, das hipóteses que emitiu acerca desse modelo. Se é certo que a realidade que se oferece ao aluno, mesmo na aula tradicional, é uma realidade transformada simbolicamente, organizada, codificada, e suportada por diferentes meios, no caso particular do recurso a simulações por computador a representação da realidade pode ocorrer com características de tal modo poderosas - no volume de variáveis que podem ser manipuladas, na multitudine de relações que podem ser estabelecidas, e na própria compressão ou esbatimento temporais que podem ser explorados - que alguns autores consideram que o uso de simulações por computador constitui a maior contribuição da informática para o progresso da prática educativa. Sem elas, com efeito, fenómenos que, pela sua rapidez, longa duração, complexidade, escala, perigo, ou custo, nunca estariam ao alcance do estudioso humano, e muito menos da realidade escolar, podem ser facilmente reproduzidos e colocados à disposição do aluno, para que os estude com a minúcia e profundidade que lhe aprouver.



Fig. 3 - Quadro de um programa de História, sobre a expansão portuguesa, retirado de uma sequência que analisa o Tratado de Tordesilhas.

Para além de permitirem a descoberta, pelo aluno, dos valores de parâmetros e das relações entre parâmetros, e de lhe possibilitarem estudar fenómenos e sistemas através da introdução, na simulação, de variáveis que os seus próprios saber e experiência lhe dizem, muitos destes programas permitem ainda ao aluno aprender a desenvolver, ele próprio, os modelos dos fenómenos e sistemas a estudar, e testar a respectiva validade. Apesar da flexibilidade que proporcionam, são, em geral, programas em que o computador assume um papel importante na condução do processo de aprendizagem, guiando o aluno para uma trajectória certa quando as suas tentativas se revelam infrutíferas ou inconsequentes, e por isso mesmo são ainda classificados como pertencendo ao modo tutor.

Também no modo tutor se incluem os programas de “*resolução de problemas*”, quarta modalidade que aqui analisamos. Nesta categoria de programas o aluno tem que definir, ele próprio, os algoritmos adequados para a resolução dos problemas que lhe são colocados. Em alguns casos o problema fica resolvido quando o aluno realiza um cálculo mais ou menos complicado, mas noutros casos é o próprio computador que realiza o cálculo uma vez garantido que o aluno definiu a estratégia correcta para a resolução do problema. Noutros casos,

ainda, o programa vai mais longe, e exige uma análise dos erros cometidos no estabelecimento da estratégia de resolução.

Nos “*jogos educativos*”, quinta modalidade a ser aqui discutida, o computador é usado para criar situações lúdicas cujo poder motivador é utilizado para incentivar a aprendizagem. Alguns destes programas recorrem a técnicas de simulação, mas a maior parte baseia-se em mecanismos mais simples. Embora o valor educacional destes jogos seja muitas vezes contestado, alguns autores defendem a sua utilidade para o desenvolvimento de competências associadas à recolha e manipulação de dados, previsão, planeamento, análise, geração e verificação de hipóteses, observação e descoberta. É indispensável, em qualquer dos casos, grande moderação e competência pedagógica na sua selecção, e particulares cuidados em evitar que os aspectos motivacionais obscureçam os objectivos da aprendizagem. A maior parte dos jogos, ditos educativos, que se encontram hoje em dia no mercado não permitem, infelizmente, satisfazer estes pressupostos.

Um tipo particular de jogo educativo que começou a merecer recentemente grande aceitação por parte de alguns dos educadores dedicados aos níveis etários mais baixos é o dos “*jogos de aventura*”. Os jogos de aventura



Fig. 4 - Os grandes impérios coloniais, numa outra seqüência do programa da figura anterior.

colocam os alunos num mundo de fantasia no qual lhes são postos problemas que têm que resolver antes de poderem prosseguir. Segundo os seus defensores, os jogos de aventura desenvolvem a concentração e clareza de raciocínio, promovem a discussão, desenvolvem capacidades de tomada de decisão, de resolução de problemas, de linguagem e de compreensão, e auxiliam o desenvolvimento do sentido espacial e de direcção.

Recentemente, passou a dedicar-se grande atenção a uma nova categoria de programas educativos - os "programas abertos", ou "programas livres de conteúdo". Estes programas constituem ferramentas destinadas a ser configuradas pelo próprio professor de uma disciplina ou grupo de disciplinas. São concebidos de forma a prestarem-se a simples adaptação às mais variadas situações de aprendizagem da(s) disciplina(s) em causa, facilitando a inserção de novas perguntas, de novas respostas, de novas grelhas, ou de textos ou gráficos adequados a esta ou aquela situação que se pretenda explorar na sala de aula. Diferentes conjuntos de perguntas, respostas, grelhas, textos ou gráficos podem ser armazenados em ficheiros distintos, para serem utilizados posteriormente nas aulas, ou para serem trocados entre professores.

Um programa aberto permite sempre o funcionamento em dois modos: o "modo professor", que é usado

pelo professor para, recorrendo às estruturas e comandos que o programa lhe oferece, e que foram especificamente concebidos para facilitar a sua tarefa, configurar seqüências de aprendizagem, ou exercícios acompanhados das respostas que pretende que lhe correspondam; e o "modo aluno", que apresenta ao aluno, para exploração ou resolução, as seqüências ou exercícios que o professor configurou.

Como exemplo muito simplificado de um programa aberto, poderíamos imaginar um que se destinasse à construção de palavras cruzadas, para aplicação no ensino de um língua estrangeira. O modo professor colocaria à disposição do mestre um conjunto de comandos que lhe permitissem construir facilmente um grelha, preenchida, de palavras cruzadas. O modo aluno apresentaria as palavras cruzadas por preencher, e iria estimulando ou auxiliando o aluno à medida que os seus preenchimentos fossem, ou não, correspondendo aos previstos pelo professor. O programa é considerado "aberto" na medida em que poderia ser usado para construir as mais distintas palavras cruzadas, quer por diferentes professores, quer pelo mesmo professor mas com graus de dificuldade variáveis consoante as matérias que pretendesse, ao longo do ano, exercitar. Na prática, um programa aberto é obviamente muito mais poderoso, tanto

na variedade de estruturas e contextos de exploração pedagógica que coloca à disposição do professor como na gama de comandos, em geral extremamente simples e intuitivos, que lhe fornece para a reconfiguração dessas estruturas e contextos.

A modalidade mais corrente de utilização do computador em modo ferramenta (Quadro 1) corresponde ao recurso a *suportes lógicos de aplicação*, profissionais, de índole não pedagógica, como os processadores de texto, os sistemas de gestão de bases de dados, as folhas de cálculo, os programas de projecto assistido por computador, e grande número de outros suportes lógicos que começam a surgir no mercado profissional. A aplicação destas ferramentas nos ambientes escolares tem vindo a revelar largas potencialidades, e a exploração de novas aplicações pedagógicas, e consolidação das já identificadas, constitui hoje em dia aturado tema de estudo por parte de grande número de pedagogos. Por outro lado, e dado que se trata de ferramentas que são usadas de forma crescente numa grande variedade de profissões, a sua utilização em educação permite estabelecer um importante elo de ligação entre a actividade escolar e a realidade profissional.

O recurso a processadores de texto, por exemplo, está a proporcionar a exploração de abordagens inovadoras da aprendizagem da escrita, da estruturação de ideias, e da comunicação em geral, e está a encontrar considerável sucesso em algumas actividades relacionadas com a aprendizagem de línguas.

Os sistemas de gestão de bases de dados estão a proporcionar interessantes aplicações em disciplinas como a História, as Ciências Sociais, a Geografia, a Biologia, ou a Geologia, onde permitem manipular volumes de dados que seriam ingeríveis sem o auxílio de computadores, prestando-se a análises estatísticas e ao estabelecimento de variadíssimas relações, quer dentro de uma disciplina, quer cruzando as fronteiras entre disciplinas (relação entre pluviosidade, temperatura e culturas agrícolas; ou relação entre hidrografia e implantação urbana ao longo dos tempos).

As folhas de cálculo, que uma organização moderna não pode hoje em dia dispensar nas suas aplicações de análise financeira, planeamento e gestão, têm revelado constituir ferramentas particularmente poderosas como auxiliares da aprendizagem das ciências exactas, naturais e sociais. Com efeito, como o estudo de grande número de fenómenos se pode realizar em torno de uma representação tabular, bidimensional, de grandezas ou de variáveis, e como a transcodificação dessas representações bidimensionais para curvas de variação, gráficos de barras e diagramas circulares auxilia, em muitos casos, a visualização e compreensão de fenómenos complexos, as folhas de cálculo revelam ser utensílios de grande flexibilidade na realização desses estudos. Assim, em aplicações destinadas aos níveis etários mais baixos, permitem que os alunos façam a introdução de dados e confirmem

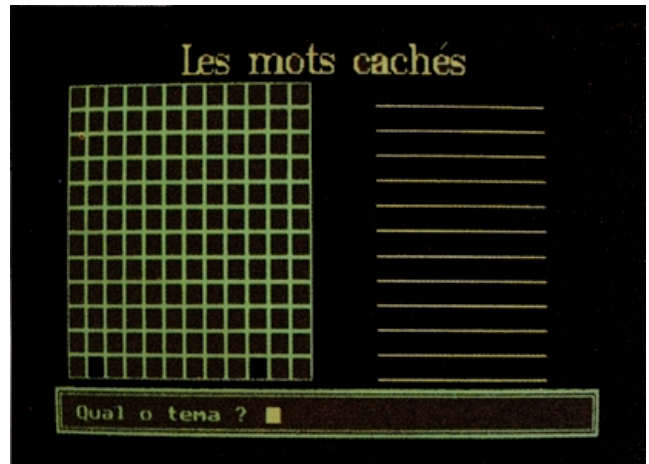


Fig. 5 - Quadro de um programa aberto, para o ensino do Francês: Em “modo professor” cabe ao professor escolher o tema e ... o resto.

e visualizem os resultados da aplicação de leis cujas fórmulas foram previamente introduzidas pelo professor na folha de cálculo. Quando exploradas por alunos com maior maturidade intelectual, permitem que sejam os próprios alunos a ensaiar as leis e fórmulas a introduzir, e transformam-se, então, em instrumentos de simulação que em alguns casos se revelam particularmente fecundos.

Uma segunda categoria de utilizações dos computadores em modo ferramenta é proporcionada pelos denominados *“laboratórios apoiados por microcomputadores”*. Neste tipo de aplicação os computadores são usados como instrumentos dos laboratórios de ciências físicas e naturais, onde efectuam a aquisição de dados a partir do mundo real, executam a medida de grandezas físicas, traçam gráficos, processam as grandezas medidas, e comandam diversas formas de actuação sobre o mundo exterior. Existe hoje em dia uma larga gama de sensores que podem ser ligados aos computadores em trabalhos laboratoriais de índole pedagógica, e que permitem medir grandezas eléctricas, campos magnéticos, distâncias, velocidades, acelerações, temperaturas, pressões, fluxos de escoamento, níveis de intensidade luminosa, sonora ou radioactiva, pHs, e muitas outras grandezas.

Para além de permitir recolher dados, um computador pode simular um instrumento (como um osciloscópio, um analisador de espectros, um analisador lógico, ou um gerador de ondas), ou a combinação de vários instrumentos (e comporta-se então como um laboratório integrado). Pode ainda simular processos complexos, como, por exemplo, processos químicos industriais, ou processos de controlo industrial, recolhendo e processando os dados físicos relevantes, e activando actuadores que accionam interruptores, válvulas, motores de passo, servomotores, bombas hidráulicas, ou braços de robôs que controlam o processo.



Fig. 6 - Quadro do programa da figura anterior, agora em “modo aluno”: o tema era “moyens de transport” e o aluno acertou mais uma palavra.

Para ilustrar um caso simples da utilização de um laboratório apoiado em microcomputadores pode-se citar, por exemplo, no domínio da biologia, o do uso do computador como instrumento de recolha e processamento de dados recebidos de sensores colocados em zonas-chaves de uma gaiola na qual se procura estudar a frequência com que um animal em observação tem acesso a água, alimento, dormida e exercício.

A terceira modalidade de utilização dos computadores em modo ferramenta corresponde ao emprego, pelos professores, de “*sistemas de gestão do ensino/aprendizagem*”, isto é, de suportes lógicos que os auxiliam no planeamento das suas actividades docentes, na gestão de recursos de aprendizagem, na manutenção de registos, e na elaboração, classificação e tratamento estatístico de testes e de outros elementos de avaliação, quer do progresso dos alunos, quer da sua própria actividade.

A utilização do computador como instruendo (Quadro 1) coloca o aluno na posição, pouco usual e particularmente motivadora, de tutor: tutor do computador, ou tutor dos seus colegas (e do próprio professor), através do computador. Esta transferência da ênfase da aprendizagem do produto final para o processo, da aquisição de factos para a sua estruturação e compreensão tendo em vista a satisfação do prazer de resolver problemas e de ensinar, era impossível, ou só muito marginalmente susceptível de exploração, no ambiente massificado da aula tradicional. A forma mais consagrada de exercer esta modalidade de aprendizagem assenta no recurso a *linguagens de programação*, e, em particular, no recurso à linguagem LOGO. Concebida por Simon Papert, do MIT, de acordo com as teorias construtivistas de Piaget, a linguagem LOGO tem como principal objectivo facilitar a aprendizagem dos princípios de resolução de problemas através de uma via exploratória que facilita ao aluno a combinação e encadeamento de procedimentos,

a criação de novos procedimentos, e a alteração extremamente fácil de procedimentos e estratégias que se revelam inadequados.

A forma mais divulgada de aplicação da linguagem LOGO assenta na manipulação de entes geométricos, facilitada pela chamada “geometria da tartaruga”. A tartaruga é uma pequena figura que se desloca sobre o ecrã em resposta a um conjunto muito simples de comandos fornecidos pelo aluno. Através de sequências desses comandos - que constituem, afinal, programas da linguagem LOGO - a criança pode fazer com que a tartaruga desenhe figuras geométricas com os mais variados graus de complexidade, pode movimentar essas figuras, e pode repeti-las à vontade. Uma série de operações primitivas previstas na linguagem permitem, por outro lado, produzir programas de índole não geométrica capazes de se revestir de níveis de complexidade e de graus de abstracção muito mais elevados.

O conceito, de *micromundo*, entendido como um ambiente simulado em computador, dotado de uma lógica interna, mas flexível, susceptível de ser modificado pelos alunos nas suas actividades de exploração, descoberta e resolução de problemas, foi largamente explorado por Papert, que utilizava a linguagem LOGO como uma importante ferramenta para a construção de micromundos. Nessa linha, grande número dos micromundos presentemente a serem explorados nas salas de aula baseia-se no recurso à linguagem LOGO. No entanto, o conceito de micromundo é anterior às propostas de Papert, e transcende largamente a utilização da linguagem LOGO. Originalmente proposto por Fisher, Brown e Burton, em 1978, o conceito de micromundo corresponde a uma metodologia holística da aprendizagem, que os seus autores ilustravam com um exemplo baseado na aprendizagem do esquí: até à invenção dos esquís curtos a aprendizagem desta modali-



Fig. 7 - O mesmo quadro, quase concluído ...

dade desportiva exigia enorme esforço e dedicação, restringindo significativamente o número de praticantes; com a invenção de esquis curtos a aprendizagem passou a fazer-se com o instruendo a começar por usar esquis curtos, e mudando gradualmente para esquis maiores. A aprendizagem tornou-se, assim, incomparavelmente mais rápida e eficaz, colocando o esqui ao alcance de uma população muito alargada, e aumentado consideravelmente o número de bons praticantes.

Transportado para as utilizações educacionais dos computadores, este conceito veio inspirar a criação de ambientes de descoberta cuja complexidade vai aumentando à medida que o aluno progride. A lógica destes ambientes, ou micromundos, é que no seu seio o aluno “aprende fazendo”, primeiro com bastantes apoios proporcionados pelo programa, e depois, gradualmente, cada vez com menos apoios. O desenvolvimento de micromundos com base em “kits” que, em vários domínios, auxiliam os alunos nas suas construções, constitui hoje em dia uma área à qual se dedica grande número de investigadores.

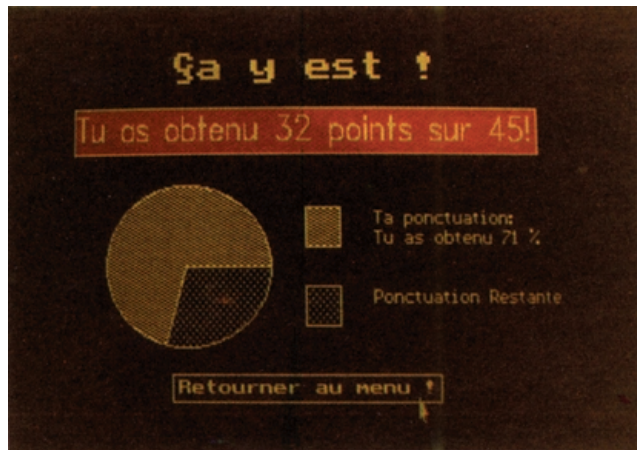


Fig. 8 - ... e o resultado do exercício.

OS COMPUTADORES NAS ESCOLAS EM PORTUGAL

A introdução sistemática, gradual, dos computadores nas escolas portuguesas teve lugar a partir de Outubro de 1985, com a criação do Projecto MINERVA (Meios Informáticos Na Educação: Racionalização, Valorização, Actualização), dirigido para os objectivos de introduzir as tecnologias da informação na prática educativa e nos planos curriculares, e de promover a formação de professores e de formadores para levarem a cabo essa tarefa. O número de escolas abrangidas evoluiu ao longo dos primeiros anos do projecto de acordo com o Quadro 2, e correspondeu à cobertura geográfica, por concelhos e distritos, descrita no Quadro 3.

Quadro 2

Evolução dos números de escolas abrangidas pelo projecto Minerva

	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89
Ensino pré-primário	—	—	4	6
Ensino primário	3	12	24	50
Ensino preparatório	6	10	33	63
Ensino secundário	35	55	91	105
Ensino especial	—	—	2	13
TOTAIS	44	77	154	237

Quadro 3

Concelhos e distritos abrangidos pelo projecto Minerva

	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89
Concelhos	15	33	58	80
Distritos	9	12	17	18

Durante a fase piloto do projecto, que durou três anos, a sua infra-estrutura de planeamento e execução foi constituída por uma rede de universidades e escolas superiores de educação - os “pólos” e “núcleos” do projecto. Em Outubro de 1988 existia já um total de 10 universidades e 12 escolas superiores de educação activamente empenhadas no projecto, e as equipas envolvidas cobriam um largo espectro de especialidades, desde as ciências exactas e naturais até à psicologia, ciências da educação e sociologia, passando pela informática e engenharia de sistemas.

No que respeita à sua organização e funcionamento, o Projecto MINERVA desenvolveu-se, durante a sua fase piloto, de acordo com as seguintes grandes opções:

- descentralização, quer geográfica, quer funcional, aos diversos níveis de organização, e conseqüente atribuição de elevada relevância à iniciativa dos seus grupos constituintes;
- crescimento gradual, centrado numa dinâmica de experimentação e de reflexão sobre os resultados alcançados, orientada para uma assimilação crescente pela classe docente e pelos diversos níveis de ensino;
- atribuição de particular importância à componente de investigação e desenvolvimento, materializada no papel central atribuído às universidades e escolas superiores de educação;
- estruturação orientada para a garantia de que, pela combinação das entidades intervenientes, o processo, sendo apoiado em elevada competência tecnológica, se mantivesse, no entanto, permanentemente animado e controlado pelos objectivos educacionais.

A formação de professores em serviço foi uma das áreas que mobilizou maiores esforços. Esta área foi entendida pelo projecto num sentido que abrangeu a realização de actividades de animação pedagógica e um apoio continuado às escolas ao longo de cada ano lectivo. O objectivo fundamental desta abordagem foi o de assegurar, em todas as escolas abrangidas, uma utilização pedagógica qualificada dos computadores e de criar um ambiente estimulante de autoaperfeiçoamento no qual fosse possível aos professores desenvolverem, e adaptarem à sua experiência e intuições, um sentido projectivo da utilização das tecnologias da informação na educação.

As actividades de investigação e desenvolvimento actualmente em curso nas equipas do projecto MINERVA têm lugar fundamentalmente nas universidades e em algumas das escolas superiores de educação.

Cerca de quatro dezenas de doutorados (no País e no estrangeiro) e três dezenas de possuidores do grau de Mestre, para além de mais de duas centenas de licenciados numa larga gama de áreas, integram actualmente as

equipas do Projecto MINERVA, e várias dessas equipas estão profundamente empenhadas em projectos de envergadura no domínio da utilização das tecnologias da informação na educação, alguns no âmbito de programas da Comissão das Comunidades Europeias.

Com a entrada recente do projecto na fase operacional, que corresponde à sua integração gradual no sistema normal de planeamento do sector da educação, inicia-se uma fase de consolidação das infra-estruturas de formação e de investigação nascidas na fase piloto, alargamento da acção do projecto ao todo nacional, e arranque de iniciativas que assegurem um desenvolvimento institucional harmonioso em todas as frentes. Os computadores começam, assim, a ser tranquilamente assimilados pela realidade escolar. Não serão, por certo, uma poção milagrosa para todos os males da educação, mas a sua presença no dia-a-dia escolar promete tornar-se tão útil, familiar e natural como já o começa a ser, implícita ou explicitamente, na vida diária de praticamente todos nós.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja exprimir o seu agradecimento ao pólo de Coimbra do Projecto MINERVA e às escolas Avelar Brotero e Eugénio de Castro pelas imagens, que acima reproduz, de programas educacionais desenvolvidos no âmbito das respectivas actividades. Agradece igualmente ao professor Secundino Correia a cedência das duas fotografias iniciais, e ao Prof. Doutor Ernesto Costa a estimulante troca de impressões sobre sistemas tutores inteligentes.

SUGESTÕES DE LEITURA

As obras de índole geral mais bem conseguidas sobre o tema da utilização dos computadores nas escolas têm sido publicadas pela OCDE, através do seu "Center for Educational Research and Innovation", destacando-se em particular as seguintes:

Center for Educational Research and Innovation (CERI), "*New Information Technologies: a Challenge for Education*", ou em edição francesa, "*Les Nouvelles Technologies de L'Information: un Défi pour l'Education*", OCDE, Paris, 1986.

Center for Educational Research and Innovation (CERI), "*Information Technologies and Basic Learning: Reading, Writing, Science and Mathematics*", ou, em edição francesa, "*Technologies de L'Information et Apprentissages de Base: Lecture, Écriture, Sciences et Mathématiques*", OCDE, Paris, 1987.

Center for Educational Research and Innovation (CERI), "*The Search for Quality in Educational Software*", ou, em edição francesa, "*Pour une Meilleure Qualité des Logiciels d'Enseignement*", Draft CERI / NT/ 88.01, OCDE, Paris, 1988.

De entre os textos que analisam os resultados da introdução dos computadores nas escolas de um país ou região merecem especial destaque: Center for Educational Research and Innovation (CERI), "*The*

Introduction of Computers in Schools: The Norwegian Experience", Examiner's Report, OCDE, Paris, Nov. 1988.

Scottish Education Department, "*Learning and Teaching in Scottish Secondary Schools: The Use of Microcomputers*", A Report by HM Inspectors of Schools, HMSO Publications Centre, London, 1987.

O leitor interessado em adquirir uma panorâmica geral sobre a evolução e estado actual da ciência cognitiva encontrará um estudo rigoroso e de agradável leitura no livro:

Howard Gardner, "*The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*", Basic Books, New York, 1987.

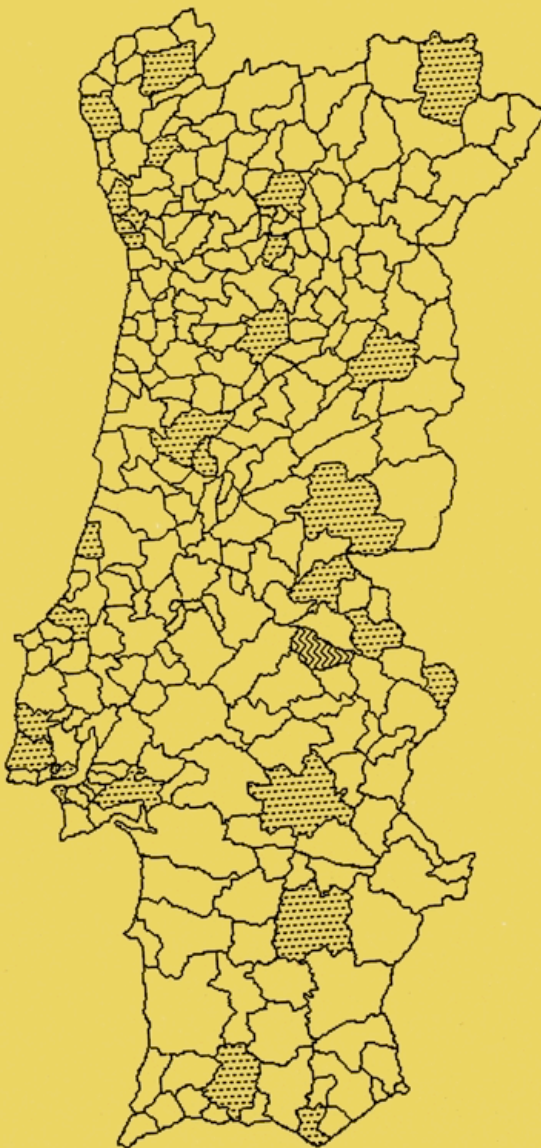
O trabalho mais completo, em língua portuguesa, sobre a utilização dos computadores nas escolas é:

João Ponte "*O Computador - Um Instrumento da Educação*", Texto Editora, 1986.

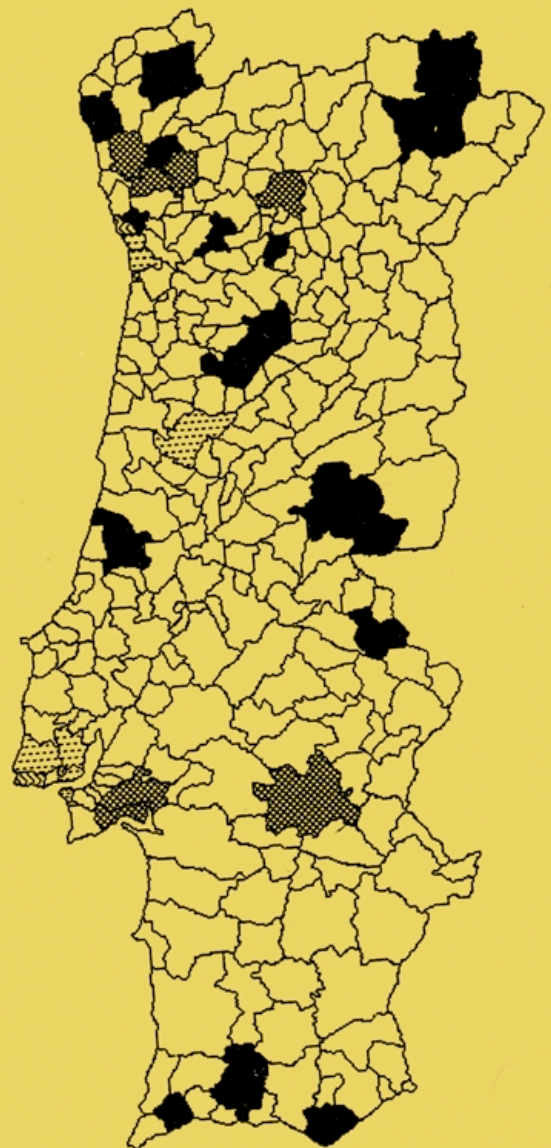
O leitor interessado em alargar os seus conhecimentos sobre esta matéria poderá ainda contactar os pólos e núcleos do Projecto MINERVA, alguns dos quais têm produzido ao longo dos últimos anos vários trabalhos que, embora com tiragens e circulação restrita, se revestem de grande utilidade.

Implantação geográfica

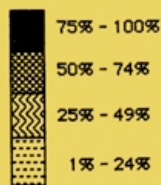
no ano lectivo de



ESCOLAS
PRIMÁRIAS

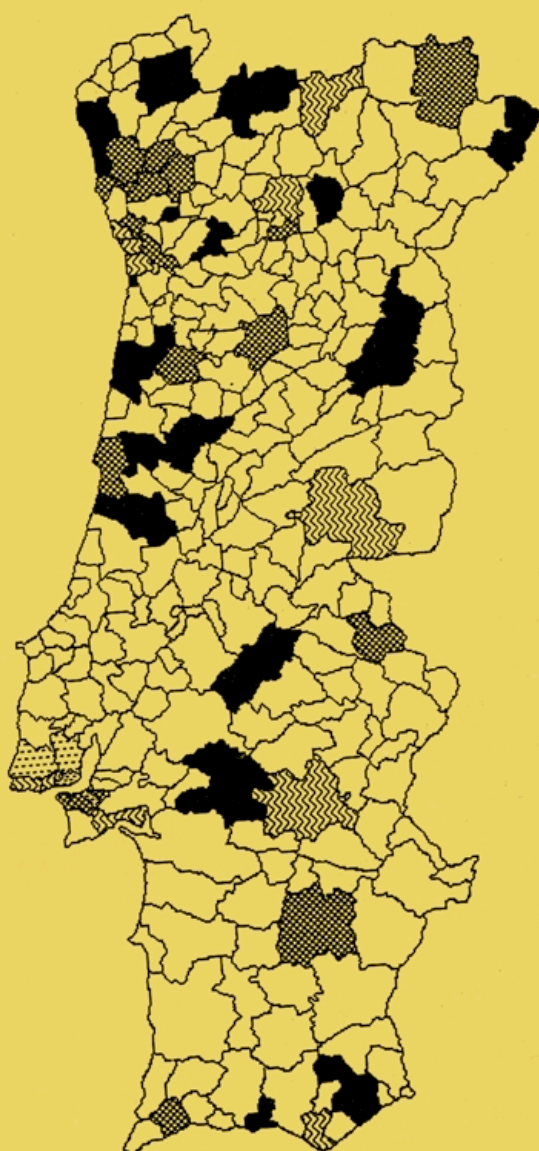


ESCOLAS
PREPARATÓRIAS

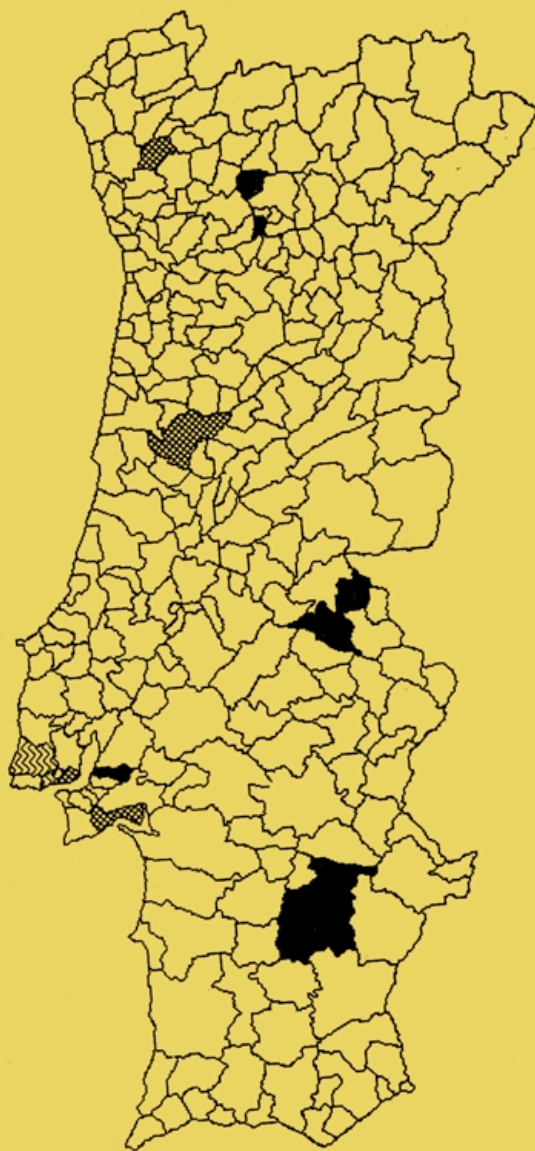


do Projecto MINERVA

1988/89 Quadro 4



ESCOLAS
SECUNDÁRIAS



ESCOLAS
C + S (U)