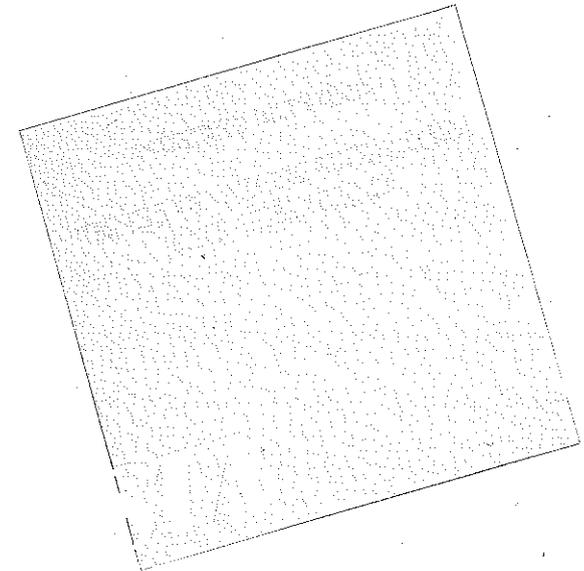


UNIVERSIDADE DO MINHO



INSTITUTO DE EDUCAÇÃO

REVISTA PORTUGUESA DE EDUCAÇÃO

A *Revista Portuguesa de Educação* tem como objectivos: (1) difundir e promover a utilização dos resultados da investigação fundamental, orientada, aplicada e/ou de desenvolvimento experimental, no domínio das Ciências da Educação, através da publicação de artigos e pequenas notas de autores nacionais e estrangeiros; (2) constituir um forum de estudo e debate permanente sobre a evolução de educação no País, através de análises críticas periódicas de cada um dos seus principais sectores, que abordem, dentro do possível, tudo o que lhe diga respeito (projectos de investigação, congressos, encontros, livros e artigos, diplomas legislativos, estudo de inovações, avaliação de experiências, etc.); (3) proporcionar informação crítica sobre o que de mais importante acontece em matéria de educação, a nível nacional e internacional.

DIRECTOR

José Ribeiro Dias, *Universidade do Minho, Portugal*

DIRECTORES-ADJUNTOS

Manuel Cuiça Sequeira, *Universidade do Minho, Portugal*

Leandro Almeida, *Universidade do Minho, Portugal*

REDACÇÃO

Isabel Flávia Vieira, *Universidade do Minho, Portugal*

Jacques da Silva, *Universidade do Minho, Portugal*

José Carlos Casulo, *Universidade do Minho, Portugal*

Maria do Céu Melo, *Universidade do Minho, Portugal*

Mário Jorge Freitas, *Universidade do Minho, Portugal*

Rui Vieira de Castro, *Universidade do Minho, Portugal*

CONSELHO CONSULTIVO

Albano Estrela, *Universidade de Lisboa, Portugal*

Artur Mesquita, *Universidade do Minho, Portugal*

Bárcilo P. Campos, *Universidade do Porto, Portugal*

Carole Ames, *University of Illinois, E.U.A.*

David Elkind, *Tufts University, E.U.A.*

Donald Cruickshank, *The Ohio State University, E.U.A.*

Edgar Stones, *University of Birmingham, Inglaterra*

Elias Blanco, *Universidade do Minho, Portugal*

Erich Perlwitz, *Free Universität Berlin, Alemanha*

Eunice Alencar, *Universidade de Brasília, Brasil*

Fátima Sequeira, *Universidade do Minho, Portugal*

Florence Pieronek, *University of B. Columbia, Canada*

Frank Murray, *University of Delaware, E.U.A.*

Gaston Mialaret, *Université de Caen, França*

George Forman, *University of Massachusetts, E.U.A.*

Gilbert de Landsheere, *Université de Liège, Bélgica*

Hariharan Swaminathan, *Univ. of Massachusetts, E.U.A.*

Herbert Ginsburg, *Columbia University, E.U.A.*

Herbert Zimiles, *University of Michigan, E.U.A.*

Hermine Sinclair de Zwart, *Université de Genève, Suíça*

Inês Sim-Sim, *Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal*

Ivar A. Bjorgen, *Universidade de Oslo, Noruega*

Jack Lochhead, *University of Massachusetts, E.U.A.*

James Parker, *University of West Florida, E.U.A.*

Jeanette Gallagher, *Temple University, E.U.A.*

João Formosinho, *Universidade do Minho, Portugal*

Joaquim Bairrão Ruivo, *Universidade do Porto, Portugal*

José Henrique Chaves, *Universidade do Minho, Portugal*

José Ribeiro Dias, *Universidade do Minho, Portugal*

José Tavares, *Universidade de Aveiro, Portugal*

Kadriya Salimova, *Acad. of Pedagogical Sciences, URSS*

Kenneth M. Zeichner, *University of Wisconsin, E.U.A.*

Kevin Wheldall, *University of Birmingham, Inglaterra*

Leandro Almeida, *Universidade do Minho, Portugal*

Luis Joyce-Moniz, *Universidade de Lisboa, Portugal*

Luis Villar Angulo, *Universidad de Sevilla, Espanha*

Manuel Cuiça Sequeira, *Universidade do Minho, Portugal*

Manuel Patrício, *Universidade de Evora, Portugal*

Manuel Viegas Abreu, *Universidade de Coimbra, Portugal*

Marcel Postic, *Université de Nante, França*

Margaret Sutherland, *University of Leeds, Inglaterra*

Nicolau Raposo, *Universidade de Coimbra, Portugal*

Noel J. Entwistle, *University of Edinburgh, Inglaterra*

Octavi Fullat, *Universidad A. de Barcelona, Espanha*

Odete Valente, *Universidade de Lisboa, Portugal*

Óscar Gonçalves, *Universidade do Minho, Portugal*

Óscar Serafini, *Universidade do Minho, Portugal*

Paula Menyuk, *Boston University, E.U.A.*

Renzo Titone, *University of Rome, Itália*

Ronald Hambleton, *University of Massachusetts, E.U.A.*

Serban Ionescu, *Université du Quebec, Canada*

Stefan Haglund, *University of Sundsvall, Suécia*

Tatiana Slama Cazacu, *University of Bucharest, Roménia*

William Spence, *University of Ulster, Irlanda*

NÚMERO TEMÁTICO SOBRE

"ENSINO-APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS"

A *Revista Portuguesa de Educação* é editada quadrimestralmente (3 números/ano) pelo *Serviço de Publicações do Instituto de Educação da Universidade do Minho*, Rua Abade da Loureira, 4700 Braga, Portugal.

Assinaturas (Volume 2, 3 números): *Individual* - 2.000\$00 (Portugal), USD \$15 (Espanha), USD \$20 (Resto da Europa, Brasil e Africa), USD \$25 (Outros países); *Institucional* - 2.500\$00 (Portugal), USD \$20 (Espanha), USD \$30 (Resto da Europa, Brasil e Africa), USD \$45 (Outros países); *Avulso* - 850\$00.

Impressão: Tilgráfica, Sociedade Gráfica, Lda., Lugar do Bairro - Ferreiros, 4700 Braga.

Tiragem: 2.000 exemplares.

Livros e publicações: Faremos referência a livros e outras publicações de que nos sejam enviados exemplares.

Redacção, Composição, Administração e Publicidade: *Revista Portuguesa de Educação*, Universidade do Minho, Instituto de Educação, Rua Abade da Loureira, 4700 Braga, Portugal. Telef.: (053) 27776; Telex: 32135 U MINHO P

EDITORIAL

Manuel Joaquim Cuiça Sequeira
Universidade do Minho, Portugal

Numa época em que se verifica um declínio do interesse dos jovens pelo estudo das ciências, cada vez mais atraídos pelas maravilhas oferecidas pela revolução tecnológica, um número temático da Revista Portuguesa de Educação sobre o ensino das ciências deveria conter contribuições que reflectissem as preocupações e as respostas aos inúmeros problemas surgidos no ensino/aprendizagem das ciências. Com este objectivo, foram incluídos neste número temático trabalhos sobre identificação e explicação de concepções alternativas, estilos cognitivos, estratégias de ensino, utilização do computador no ensino das ciências, formação de professores e programas de remediação.

Não foi tarefa fácil proceder à selecção dos textos para este número temático, uma vez que o interesse manifestado por inúmeros investigadores e traduzido pelo envio de inúmeros textos para publicação, obrigou a que, para evitar a repetição de abordagens do mesmo tema, alguns textos não pudessem ser incluídos neste número. Sê-lo-ão, certamente, nos próximos números. Mas, se por um lado sentimos alguma dificuldade em escolher os textos para este número temático, também tivemos a satisfação de verificar que a comunidade dos investigadores que desenvolvem trabalhos na área da Educação em Ciências, no nosso País, cresceu e é hoje bastante activa. Pela nossa parte, tudo faremos para que as páginas da Revista Portuguesa de Educação sejam um espaço aberto ao debate das ideias e à divulgação dos trabalhos efectuados ou em curso, no âmbito da Educação. E porque cada vez mais vivemos num mundo sem fronteiras, também estamos interessados no que se passa lá fora e por isso continuamos a incluir a colaboração dos nossos colegas estrangeiros.

Duarte Costa Pereira e Gabriela Ribeiro no seu trabalho intitulado "Concepções erradas sobre energia, entropia e conceitos afins em alunos do ensino terciário", investigam as concepções alternativas de alunos do último ano de um curso universitário (Licenciatura em Ensino de Física e Química) acerca de energia, entropia e conceitos afins. Os resultados desta investigação parecem indicar que os alunos utilizam pré-conceitos intuitivos do dia-a-dia nas suas interpretações espontâneas, complementando-as com uma teoria termodinâmica baseada em regras básicas para o uso de algumas funções termodinâmicas, recorrendo pouco à

interpretação microscópica dos fenómenos e não estabelecendo relações com a interpretação estatística dos conceitos da termodinâmica.

Manuel Sequeira e Laurinda Leite abordam a problemática do raciocínio causal e a explicação de fenómenos do âmbito da Mecânica. Neste estudo com alunos portugueses de Física, desde o nono ano de escolaridade até ao quarto ano da universidade, verifica-se que os alunos: a) utilizam ideias e explicações pré-Newtonianas na interpretação dos mesmos fenómenos e acontecimentos e b) tendem a usar raciocínio causal, de modo indiscriminado, na interpretação de fenómenos e acontecimentos do domínio da Mecânica. Os autores sugerem um modelo de ensino-aprendizagem que tenha em consideração as ideias alternativas dos alunos e as regras de inferência por eles utilizadas, no sentido de tornar mais eficaz o ensino e facilitar a aprendizagem da Mecânica.

Pieter Licht, no trabalho intitulado "The evaluation of an educational strategy for the teaching of concepts in the domain of electricity" propõe uma nova estratégia para o ensino-aprendizagem que tem em conta as ideias intuitivas dos alunos e ao mesmo tempo introduz situações do mundo real, com diferentes níveis de desenvolvimento conceptual.

Odete Valente e Joaquim Sá, no trabalho intitulado "Estilos cognitivos, concepções intuitivas e ensino-aprendizagem das ciências no 2º ciclo do ensino básico" relatam um estudo em que o estilo cognitivo dependente-independente de campo é tomado como variável independente e como variáveis dependentes o nível de aprendizagem dos alunos, quando confrontados com uma sequência de problemas/demonstrações relacionados com o princípio de Arquimedes e o rendimento escolar dos alunos em Ciências da Natureza.

Hul, Lijnse e Moes, no trabalho intitulado "The use of a computer-microworld as a learning environment to develop conceptual change in the field of Mechanics" apresentam um "micromundo" baseado numa teoria de desenvolvimento conceptual em que se cria um conflito conceptual. Os autores afirmam que encontraram indícios de que os microcomputadores podem estimular micromundos que poderão ser uma estratégia de ensino capaz de desenvolver a mudança conceptual.

Duarte Costa Pereira, no trabalho intitulado "Da problemática da representação aos modelos em ciência", defende que a melhor forma de promover eficazmente a génese do pensamento científico consiste numa estratégia que usa modelos com uma configuração intermédia entre a complexidade perceptual e a abstracção conceptual. Apresenta razões a favor da vantagem destes modelos pedagógicos e da adequação do computador na sua implementação.

Manuel Sequeira, salienta que o desafio posto hoje à educação tem duas frentes: compreender o contributo que o computador pode dar ao processo educativo e decidir como utilizar melhor as suas potencialidades. Apresenta uma perspectiva

construtivista da utilização do computador na sala de aula, segundo a qual não só se pode transformar a qualidade e a relação do professor-aluno, como também a oportunidade de desenvolver a interacção entre alunos, o que é considerado crucial na teoria construtivista de Piaget.

M. Sequeira e Mário Freitas, no trabalho intitulado "Os mapas de conceitos e o ensino-aprendizagem das ciências" fazem uma revisão crítica dos problemas teóricos e metodológicos que a técnica dos mapas de conceitos levanta, com vista a retirar algumas conclusões sobre a sua importância no ensino-aprendizagem das ciências. Os autores concluem que, apesar de alguns problemas na sua utilização e de algumas potencialidades indicadas não estarem totalmente confirmadas, o uso frequente de mapas de conceitos possibilita ao professor intervir na reorganização e ampliação das estruturas conceptuais dos alunos, ajudando a estabelecer ligações entre o novo conhecimento e o já existente.

António Cachapuz, aborda a problemática do uso da linguagem metafórica nos ensino das ciências e apresenta um modelo de ensino assistido por analogias com estratégias centradas no professor e no aluno. O autor dá sugestões sobre o modo como os professores poderão gerir um tal modelo e discute implicações a nível da formação de professores de Ciências.

M. Sequeira e Conceição Duarte, no seu trabalho intitulado "Teoria dos estádios e ensino das ciências" apresentam algumas críticas feitas à teoria de Piaget e questionam possíveis significados educacionais dessas críticas e de aspectos mais abrangentes da teoria, com base na visão epistemológica e construtivista do conhecimento de Piaget.

Ronald Narode, no seu trabalho "A constructivist program for college remedial mathematics at the University of Massachusetts, Amherst", apresenta um programa de recuperação de alunos em Matemática, na Universidade de Massachusetts, com o objectivo de desenvolver o pensamento crítico e quantitativo dos alunos com dificuldades de aprendizagem em Matemática. O programa tem duas perspectivas fundamentais: a) a epistemologia construtivista de Piaget advoga o papel activo do aprendiz; b) investigações recentes sobre o papel da metacognição demonstram a importância da reflexão sobre os processos mentais de cada um, de modo a facilitar a aprendizagem e aumentar o conhecimento de si próprio e auto-confiança.

Finalmente, é de toda a justiça, ao encerrar esta apresentação do segundo número temático e o sexto número da Revista Portuguesa de Educação, lembrar o nome daqueles que deram o melhor do seu esforço para que este número especial fosse uma realidade. Uma palavra de agradecimento à Dr^a. Laurinda Leite e à Dr^a. Conceição Duarte, pelo tempo dispendido na revisão dos textos, ao Dr. Jacques da Silva e à Dr^a Isabel Flávia pela elaboração dos resumos em francês e inglês, e ao Carlos Cordeiro, à Lurdes Anjo e ao Zé Emílio pelo trabalho de processamento e formatação dos textos.

CONCEPÇÕES ERRADAS SOBRE ENERGIA, ENTROPIA E CONCEITOS AFINS EM ALUNOS DO ENSINO TERCIÁRIO

Duarte Costa Pereira

Universidade do Porto, Portugal

Maria Gabriela Cepeda Ribeiro

Universidade de Aveiro, Portugal

Resumo - Embora se tenham desenvolvido muitos estudos sobre concepções erradas ou concepções alternativas (seguindo os paradigmas "erklaren" ou "verstehen" respectivamente), raramente se tem investigado o papel que os professores desempenham no reforço dessas concepções. O estudo aqui apresentado investiga as concepções alternativas de alunos do último ano de um curso universitário (Licenciatura em Ensino de Física e Química) acerca de energia, entropia e conceitos afins. Uma amostra de 13 alunos da Universidade de Aveiro foi submetida a uma entrevista de duas fases, nas quais: 1) perante a demonstração de quatro experiências químicas lhes foi solicitada uma interpretação espontânea e 2) em presença dos instrumentos de termodinâmica relevantes foram orientados para o uso dos conceitos referidos. Os resultados parecem indicar que os alunos utilizam pré-conceitos intuitivos do dia-a-dia nas suas interpretações espontâneas, complementando-as com uma teoria termodinâmica 'ad-hoc', baseada em regras básicas para o uso de algumas funções termodinâmicas, recorrendo pouco à interpretação dos fenómenos a um nível microscópico e não estabelecendo qualquer relação com a interpretação estatística dos conceitos da termodinâmica.

Há uma certa instabilidade na comunidade científica (Gilbert & Watts, 1983), dividida pelas suas convicções sobre filosofia da Ciência, nos que privilegiam uma concepção convencional realista (Erklaren) e nos que sustentam a posição não determinista (Verstehen). Os problemas difíceis de abordar justificam-se no primeiro caso como concepções erradas e no segundo tendem a ser considerados como concepções, categorias ou enquadramentos conceptuais alternativos, admitindo-se a existência de uma Ciência Pública e de várias versões de Ciência Privada. Há, por parte dos últimos uma nítida tendência para justificar todos os insucessos por concepções alternativas persistentes mas há também quem, sem necessariamente se pôr ao lado da posição conservadora, ultrapassada filosoficamente e determinista de "erklaren",

refute a existência de tais concepções alternativas (Carey, 1986), por não lhes reconhecerem um mínimo de coerência, mais parecendo tratar-se de rótulos verbais pescados por mecanismos associativos complexos (Mc Dermott, 1984).

O caso da energia e conceitos com ela relacionados (calor, trabalho, entropia,...) é central a esta problemática tanto mais que todas as tentativas feitas (Sexl, 1981) para a aplicação de um modelo operacional (definindo como é habitual em Física estipulando unidades e critérios de igualdade e multiplicidade) falham, falhando também as tentativas de usar um modelo de dupla linguagem (Carnap, 1969) isto tudo devido ao facto da energia ser um conceito teórico, que aparece essencialmente como a quantidade que é conservada em qualquer transformação. Este estatuto ontológico para a energia não lhe nega o valor pragmático, já que permite fazer previsões verificáveis experimentalmente.

Perante este quadro e conhecendo-se as dificuldades encontradas por alunos e as incorrecções em livros de texto relativamente aos conceitos relacionados com a energia, interessa indagar se elas provêm do retorno a concepções alternativas persistentes da infância ou se no ensino formal não há transferibilidade para as situações práticas.

Estudo Experimental

Precisamente com vista a responder à questão levantada e também para determinar, numa visão sistémica, os pontos críticos do ciclo de aprendizagem dos conceitos de energia e afins, com ênfase para os aspectos relacionados com o 2º Princípio da Termodinâmica foi feito, integrado numa investigação para doutoramento, o estudo seguinte, sobre alunos do último ano de uma licenciatura em Ciências Físico-Químicas:

Amostra

Constituída por 13 alunos finalistas da licenciatura em Física e Química de uma Universidade portuguesa.

Metodologia

Perante os alunos mencionados, foram feitas as seguintes experiências, tendo em seguida sido conduzidas entrevistas e elaborados os inventários conceptuais:

1ª Experiência

Num tubo de ensaio ligado a uma seringa junta-se uma fita de magnésio e ácido clorídrico 6M.

Dá-se uma reacção química e o êmbolo desloca-se.

2ª Experiência

Dissolve-se cloreto de amónio sólido em água destilada contido num copo. Esse copo encontra-se mergulhado numa tina de água.

Coloca-se um termómetro no copo e outro na tina observando-se abaixamento da temperatura nos dois termómetros quando se faz a dissolução.

A temperatura sobe ao fim de algum tempo atingindo o valor da temperatura ambiente.

As quantidades relativas de água e de cloreto de amónio sólido são tais que não se consegue dissolver todo o cloreto de amónio.

3ª Experiência

Junta-se limalha de ferro e enxofre num tubo de ensaio.

Com um íman verifica-se que o ferro se separa do enxofre.

Aquece-se e já não é possível separar o ferro, utilizando novamente o íman.

4ª Experiência

Em dois vidros de relógio colocam-se dois pedaços de papel.

Acende-se um fósforo e provoca-se a combustão de um só dos pedaços de papel.

Alguns resultados

Aglomeradas pelos temas fundamentais do inventário conceptual seguem-se algumas das concepções típicas exibidas pelos sujeitos:

1 - Sistema / Exterior

- O sistema é tudo o que está contido no equipamento, e o próprio equipamento.
- Num sistema aberto, o sistema é todo o Universo.
- Num sistema fechado não há transferência de energia para o exterior, só quando houver transferência de matéria é que há transferência de energia.
- Um sistema fechado está isolado do exterior, não há trocas.
- Desde que o sistema não seja isolado o sistema é todo o Universo.

2 - Espontaneidade

- A reacção é espontânea se acontece por si só sem ser necessário interferir no sistema. (Critério A)
- O critério $\Delta G < 0$ é usado para prever se uma reacção é espontânea mas se não estiver de acordo com o critério A, este prevalece.
- Se $\Delta G^0_{\text{reagente}} < 0$ e $\Delta G^0_{\text{produtos}} < 0$ as duas reacções são espontâneas e isso quer dizer que há um equilíbrio.
- Uma reacção é espontânea se $\Delta G < 0$ e $\Delta S > 0$.
- Usa-se o critério $\Delta G = -RT \ln \frac{I}{II} \frac{Reag. I}{Reag. II}$
- Se $\Delta G < 0$, é sinal que a concentração dos reagentes vai diminuir.
- Numa reacção endotérmica o estado inicial é mais estável que o final (Princípio da energia mínima).
- Uma reacção é espontânea se não é necessária energia de activação e

termodinamicamente provável se $\Delta G < 0$ (espontânea é diferente de termodinamicamente provável).

3 - Aspectos energéticos

- Uma reacção endotérmica recebe energia sob a forma de calor portanto a sua temperatura deve subir.
- Uma reacção exotérmica está a fornecer energia para o exterior de modo que a temperatura no copo da reacção deve diminuir.
- A transferência de energia só é possível se houver transferência de matéria entre dois sistemas. (Confusão com a palavra fechado na linguagem quotidiana).
- A energia que se transfere é distribuída igualmente por todas as partículas.
- $\Delta H > 0$ - reacção endotérmica - transferência do frio do sistema para o exterior.
- Pode prever-se se uma reacção é endotérmica ou exotérmica calculando ΔS . Se $\Delta S > 0 \rightarrow (\Delta Q = \Delta S/T) \rightarrow \Delta Q > 0$ exotérmica

4 - 2º Princípio da Termodinâmica - Entropia

- A entropia do Universo nunca aumenta; diminui ou mantém-se. $-\Delta S$ é sempre maior que zero numa reacção.
- A entropia do Universo mantém-se. (Princípio de conservação da entropia)
- Há variação de entropia quando há rompimento de ligações.
- A entropia aumenta com a desordem e esta com o número de colisões.
- Só há variação de entropia quando há mudança de estado físico, mesmo que haja transferência de energia.
- A entropia aumenta com a desordem, movimento das partículas, mais espaço para se moverem, menos colisões.
- Só há variação de entropia devido a alterações de energia em meio gasoso pois só aí as partículas têm liberdade de movimento para haver variação de entropia.
- A entropia aumenta com o movimento, portanto aumenta sempre que seja retirada ou fornecida energia a um sistema.

5 - Reversibilidade, irreversibilidade e equilíbrio

- Reversibilidade significa atingir um estado de equilíbrio e irreversibilidade não atingir esse estado.
- Uma reacção é irreversível se não se obtêm outra vez os reagentes.
- No equilíbrio não ocorre qualquer reacção, temos os reagentes e os produtos presentes simultaneamente e em qualquer momento a reacção pode ocorrer num sentido ou noutro, depende das condições.
- No equilíbrio o número de moles dos reagentes deve ser igual ao número de moles dos produtos.

6 - Reacção química, caracterização

- Há reacção química quando há alterações
- De um ponto de vista microscópico há ligações que se rompem mas nem sempre se

formam novas ligações.

- Dificuldade em compreender a dissolução de um ponto de vista estrutural.
- Há reacção química quando há formação de substâncias novas.

Conclusões

Como síntese das categorias anteriores podem avançar-se os seguintes pontos:

1. Na grande maioria dos alunos existe uma desconexão de ideias que torna impróprio falar em concepções alternativas e aponta mais para concepções erradas.
2. Espontaneamente, sem lhes serem postas questões directas, a maioria dos alunos não explica o que se passa em termos termodinâmicos, nem em termos microscópicos.
3. A maioria dos alunos não é capaz de enunciar correctamente o 2º Princípio da Termodinâmica.
4. Nenhum aluno é capaz de explicar porque razão se usa o critério $\Delta G < 0$ para prever a espontaneidade da reacção.
5. A maioria dos alunos não é capaz de indicar qual a variação de entropia do exterior.
6. A maioria dos alunos não sabe nenhuma expressão matemática que represente a entropia.
7. A maioria dos alunos não se lembra o que é "microestado".
8. A entropia é considerada como uma medida de desordem que aumenta com o número de colisões, ou diminui com o número de colisões, aumenta com o número das partículas, aumenta com o espaço disponível, só varia com a mudança de estado, etc.
9. A maioria dos alunos não tem ideias correctas sobre aspectos microscópicos relacionados com as reacções tratadas, embora lhes sejam muito familiares.
10. A maioria dos alunos não tem ideias claras sobre o sistema e o exterior, principalmente no caso de um sistema aberto.

Note-se que os resultados indicados são parciais e provisórios, mas reforçam significativamente as seguintes ideias:

- as concepções alternativas da infância são persistentes
- há grande dificuldade de transferência para situações simples dos conceitos aprendidos formalmente
- não há coerência que justifique o designarem-se estas conformações conceptuais como concepções alternativas.

REFERÊNCIAS

- Carnap, R. (1969). *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften*. Munich.
- Gilbert, J.K. & Watts, D.M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Mac Dermott, L.C. (1984). Research on Conceptual Understanding in Mechanics. *Physics Today*, 1-10.
- Sexl, R.U. (1981). Some Observations Concerning the Teaching of the Energy Concept. *European Journal of Science Education*, 3, (3), 285.

UNIVERSITY STUDENTS' MISCONCEPTIONS ABOUT ENERGY, ENTROPY AND RELATED CONCEPTS

Abstract - Much research has been dedicated either to misconceptions (if following the "erklaren" paradigm) or to alternative conceptions (if the "verstechen" paradigm is followed). What has scarcely been researched is the role that teachers actually play on reinforcing these misconceptions. The present study investigates the alternative conceptions held by last year University students in a Portuguese University (Teacher Training Degree on Physics and Chemistry) about energy, entropy and related topics. For that purpose a sample of thirteen last year students from the University of Aveiro were subjected to two stage interviews where they were first demonstrated four relevant chemical experiments and asked to spontaneously interpret them and on the second stage they were given the relevant thermodynamic instruments and were cued on the use of the concepts mentioned. The results seem to indicate that by and large the students use intuitive everyday pre-concepts in their spontaneous explanations which they complement with an ad-hoc thermodynamic theory based on rules of thumb for the use of some thermodynamic functions, and with little interpretation of the phenomena at the microscopic level, and none whatsoever relation with the statistic interpretation of thermodynamic concepts.

CONCEPTIONS ERRONEES SUR L'ENERGIE, L'ENTROPIE ET LES CONCEPTS SEMBLABLES CHEZ LES ELEVES DE L'ENSEIGNEMENT TERCIAIRE

Résumé - Bien qu'on ait réalisé beaucoup d'études sur les conceptions erronées ou conceptions alternatives (en suivant les paradigmes "erklaren" ou "verstechen" respectivement), on a rarement fait de recherches sur le rôle que les professeurs jouent au niveau du renforcement de ces conceptions. Cette étude établit des recherches sur les conceptions alternatives d'élèves de la dernière année d'un cours universitaire ("Licenciatura em Ensino de Física e Química") au sujet de l'énergie, de l'entropie et de concepts semblables. Un échantillon de 13 élèves de l'Université d'Aveiro a été soumis à une entrevue de deux phases, durant lesquelles: 1) face à la démonstration de quatre expériences chimiques on leur a demandé de présenter une interprétation spontanée et 2) en présence des instruments de thermodynamique importants, ils ont été orientés vers l'utilisation des concepts référencés. Les résultats semblent indiquer que les élèves utilisent des pré-concepts intuitifs quotidiens lors de leurs interprétations spontanées, et les complètent par une théorie thermodynamique "ad-hoc", en s'appuyant sur des règles de base pour l'utilisation de certaines fonctions thermodynamiques, ayant recours à l'interprétation des phénomènes à un niveau microscopique, sans établir une relation avec l'interprétation statistique des concepts de la thermodynamique.

O RACIOCÍNIO CAUSAL E A EXPLICAÇÃO DE FENÓMENOS DO ÂMBITO DA MECÂNICA

Manuel Sequeira

Universidade do Minho, Portugal

Laurinda Leite

Universidade do Minho, Portugal

Resumo - Quando confrontados com situações problemáticas, os indivíduos tendem a estabelecer relações de causalidade para explicar essas situações e, assim, aumentar a sua compreensão do mundo. Um estudo realizado, por questionário e entrevista, com 228 alunos portugueses de Física, (desde o nono ano de escolaridade até ao quarto ano da universidade), mostrou que os alunos: a) utilizam ideias e explicações pré-Newtonianas na interpretação de fenómenos e acontecimentos do domínio da Mecânica e b) tendem a usar raciocínio causal, de modo indiscriminado, na interpretação desses mesmos fenómenos e acontecimentos. Envolvendo a Mecânica factos causados e factos determinados por leis, muitas das dificuldades sentidas pelos estudantes na aprendizagem deste tema poderão estar relacionadas com a aplicação indiferenciada do raciocínio causal a todas as situações problemáticas com que são confrontados e com a utilização de regras de inferência causal, construídas a partir de uma amostra insuficiente e limitada de experiências. Como consequência, sugere-se um modelo de ensino - aprendizagem que tenha em consideração as ideias alternativas dos alunos e as regras de inferência por eles utilizadas, no sentido de tornar mais eficaz o ensino e facilitar a aprendizagem da Mecânica.

Quando confrontados com situações problemáticas que envolvem fenómenos físicos, os indivíduos tentam encontrar explicações para esses fenómenos e, assim, aumentar a sua compreensão do mundo. A interpretação de grande parte dos fenómenos físicos envolve raciocínio causal. Pela importância que lhe é atribuída na construção de conhecimentos em diversas áreas do saber, o raciocínio causal têm sido objecto de estudo e reflexão ao longo dos tempos e dele se têm ocupado tanto escolas filosóficas como psicológicas. Dada a diversidade de posições daí decorrente, o conhecimento das várias correntes de causalidade bem como a clarificação de alguns conceitos (ex. causa e relação causal) adquire particular relevância quando se considera o ensino-aprendizagem de conceitos físicos em geral e no âmbito da

Mecânica em particular.

O presente trabalho pretende analisar as explicações dadas por estudantes de Física a problemas do domínio da Mecânica, tendo em conta: a) as ideias expressas pelos estudantes; e b) o modo como o raciocínio causal é utilizado na interpretação e explicação das situações físicas com que foram confrontados.

No entanto, pelas razões acima apontadas, os autores consideram que, antes de entrar na descrição do estudo propriamente dito, é necessário fazer uma síntese das principais correntes de causalidade e clarificar alguns conceitos a fim de contextualizarem a análise que fazem das explicações dadas pelos alunos.

Teorias da Causalidade e Conceitos de Causa em Física

O estudo da causalidade conduziu à existência de várias escolas de filósofos e psicólogos que, partindo de pressupostos epistemológicos diferentes, formularam diferentes teorias da causalidade. Todas estas teorias apresentam alguns aspectos comuns, embora se distingam quanto ao modo como se estabelece e/ou decorre a relação causal. De um modo muito geral, podemos considerar a existência de três principais escolas de causalidade: a empiricista, liderada por Hume, a racionalista, liderada por Kant, e a semicausalista, liderada por Bunge.

Para Hume (1973) o conhecimento é constituído por impressões (dados recebidos através dos sentidos), e por ideias (cópias das impressões recolhidas na mente após as sensações). A compreensão, por seu lado, é obtida através da associação de ideias a qual é regida pelas leis da causalidade, de tal modo que: a) causa e efeito devem estar próximas no tempo e no espaço; b) a causa deve ser anterior ao efeito; c) sempre que se produz uma causa deve ocorrer o efeito e d) se o efeito ocorreu, a causa havia sido produzida. Existe portanto uma associação entre um "acontecimento causa" e um "acontecimento efeito", próximos no tempo e no espaço, sem que haja qualquer transmissão entre eles.

Para Kant (1985) existe na mente um conjunto de conceitos ou princípios relacionados entre si e que actuam à priori sobre as sensações, fornecendo "moldes" para criar realidades ordenadas. Um desses "moldes" seria a causalidade. Os racionalistas acreditam que todos os factos são causados e que se uma determinada causa acontecer, ela deverá produzir um determinado efeito. Contudo, contrariamente aos empiricistas, os racionalistas defendem que causa e efeito não estão simplesmente associados no tempo e no espaço, mas antes existe uma transmissão entre o acontecimento causa e o acontecimento efeito, que constitui a essência da ligação causal, tendo esta valor universal.

Os semicausalistas do século XX (Bunge, 1977) concordam com a necessidade de estabelecer uma ligação (vínculo causal) entre causa e efeito, com transmissão, mas rejeitam o princípio racionalista de que todo o facto é causado (determinismo causal) para defenderem que todo o facto é regido por uma lei (determinismo "legal"). Assim, uma relação causal passa a ser um caso especial da relação legal e passam a ser aceites explicações de natureza não causal.

O semicausalismo parece ser a teoria filosófica que mais se adequa ao conhecimento físico já que, se por um lado a simples associação causa-efeito,

defendida pelos empiricistas, não explica fenómenos físicos, também por outro lado a teoria racionalista e o princípio do determinismo causal parecem não estar de acordo, tanto com a Física Newtoniana, que inclui o princípio da inércia, como com a Física pós-newtoniana, de natureza probabilística.

No que respeita às teorias psicológicas da causalidade podemos considerar três teorias/modelos como sendo os mais representativos entre a diversidade de teorias/modelos existentes e que, de certa forma, derivam dos modelos filosóficos previamente apresentados. Assim, vamos considerar a teoria da atribuição causal de H. Kelley, a teoria da causalidade de J. Piaget e o modelo de pensamento causal de J. Pozo.

A teoria da atribuição causal de Kelley (1973) estuda o modo como o sujeito constrói explicações causais, com o objectivo de analisar a informação que ele usa e o modo como a usa para determinar as causas do seu comportamento e do comportamento dos outros. Assim, seguindo uma tradição empiricista, a atribuição dá-se posteriormente à execução e observação do comportamento e com base no princípio da covariação (atribuição de um efeito a uma das suas possíveis causas com a qual ele varia ao longo das várias observações efectuadas) ou no princípio da configuração (utilização de esquemas causais para atribuir uma causa a um efeito que foi observado apenas uma vez).

Piaget considera que

"O problema central da causalidade é o das transformações geradoras de novidade, embora nessas transformações se mantenham, de forma indissociável, certas conservações" (Piaget, 1977 p. 91).

A causa produz algo novo (transformação) e há algo que é transmitido entre causa e efeito (conservação). A causalidade refere-se a um isomorfismo entre as acções que o objecto realiza e as operações do sujeito e a atribuição dá-se à priori. Uma vez que a causalidade consiste na atribuição de operações aos objectos, ela só poderá começar a ser entendida pelo indivíduo a partir do início do período das operações concretas (sete anos) e ainda assim o raciocínio causal será dominado pelo objecto/conteúdo. Apenas a partir dos onze anos (início das operações formais) o raciocínio causal se tornaria independente do objecto/conteúdo e a forma passaria a dominá-lo. Para Piaget, até aos sete anos não seria possível a um indivíduo raciocinar causalmente e, a partir dos onze anos, o raciocínio causal deveria tornar-se independente dos objectos/conteúdos, o que parece não ter sido corroborado por alguns estudos recentes (Pozo, 1987).

Seguindo a linha da teoria filosófica do semicausalismo de Bunge, Pozo serve-se de resultados de estudos sobre o pensamento formal e competência em áreas específicas para, a partir das teorias psicológicas da causalidade que o antecederam, elaborar o seu "modelo de pensamento causal". Considerando que uma boa teoria da causalidade deve guiar-se por critérios funcionais ou pragmáticos, Pozo (1987) defende um modelo causal que se ocupa das interacções complexas entre os aspectos representacionais (contidos nas teorias causais) e os aspectos processuais (regras de inferência causal). O pensamento causal teria assim três componentes

hierarquicamente organizados:

"*princípios* determinantes da forma do vínculo causal que seria adoptada pelos outros dois (teorias e regras de inferência) componentes, uma *teoria* ou esquema de funcionamento causal do fenómeno estudado, que tornaria possível a compreensão do mesmo e, finalmente, um conjunto de *regras de inferência* que permitiriam decidir entre várias ideias ou relações plausíveis, presentes num mesmo fenómeno e que ajudariam deste modo à construção de teorias." (Pozo, 1987 p. 60).

As regras de inferência permitiriam, portanto, identificar a causa mais provável que, de acordo com os princípios causais, produz um efeito, aumentando assim o grau de elaboração da teoria em cujo âmbito se insere o fenómeno físico em estudo. Este modelo de causalidade proposto por Pozo parece ser o modelo psicológico de causalidade que está mais de acordo não só com a natureza probabilística e "legal" das teorias em Física mas também com a moderna concepção construtivista da aprendizagem, segundo a qual o indivíduo, nas suas tentativas de compreender o mundo, vai aperfeiçoando e aumentando o grau de elaboração das suas teorias através de sucessivas reformulações das versões prévias dessas mesmas teorias.

Ao tratar da utilização de relações de causalidade em Física, torna-se imprescindível definir o conceito de causa, já que esta palavra tem tido significados diferentes ao longo da História da Ciência.

Aristóteles considerava a existência de quatro tipos diferentes de causas os quais lhe eram indispensáveis para explicar o mundo físico. Assim, para Aristóteles existia uma causa material, que seria o suporte material e passivo das outras causas; uma causa formal que consistia na essência ou qualidade dos objectos; uma causa final que seria a meta para que tendem os objectos, e uma causa eficiente que correspondia ao agente externo responsável pelo efeito. Todas estas causas eram úteis na explicação aristotélica do mundo porque ela se baseava na teoria dos quatro elementos (terra, água, ar e fogo), na tendência dos objectos para ocupar o lugar natural e na impossibilidade de existência de vácuo.

Contudo, as três primeiras causas aristotélicas deixaram de ser necessárias e, até mesmo, de fazer sentido na Física Galileana que considerava que apenas era necessário explicar as alterações do estado de um objecto e que estas só aconteciam se fossem provocadas por um agente externo. Assim, com Galileu, o conceito de causa passou a significar, em Física, apenas causa eficiente ou seja, condição necessária e suficiente para operar uma transformação.

Contudo, Kuhn (1977) considera a existência de dois tipos de causas: as causas formais, que explicam, segundo ele, a ordem da natureza, e as causas eficientes, que explicam o afastamento dessa ordem. Em nosso entender, as causas formais, descrevem e determinam mais do que explicam, uma vez que, baseando-se em leis e expressões matemáticas, se aplicam aos factos já atrás denominamos factos "legais".

Parece-nos, portanto, que o significado para a palavra causa coincide actualmente, em Física, com o significado de causa eficiente. Isto não significa, contudo, que este conceito físico de causa seja actualmente único e universalmente

usado, uma vez que, por exemplo, nas ciências sociais, continuam a fazer sentido explicações baseadas em causas finais ou teleológicas (Pozo, 1987). Por outro lado, explicações finais ou teleológicas surgem por vezes (incorrectamente) aplicadas a situações físicas por indivíduos que não podem ainda usar relações físicas causais, devido ao estágio de desenvolvimento cognitivo em que se encontram, ou por indivíduos que, podendo já raciocinar causalmente, têm dificuldade em identificar a causa física do fenómeno ou em prescindir dela, para explicar esse mesmo fenómeno ou situação problemática.

Descrição do Estudo

A amostra deste estudo é formada por 228 estudantes, de cinco escolas secundárias e uma universidade do distrito de Braga, e contém três subgrupos constituídos do seguinte modo: a) 84 estudantes (quatro turmas) do 9º ano de escolaridade, que nunca tinham estudado Mecânica (conteúdo sobre o qual versavam os problemas com que os alunos foram confrontados); b) 99 estudantes (quatro turmas) do 10º ano de escolaridade, que tinham estudado Mecânica uma vez; e c) 45 estudantes (3 turmas do 1º ano da universidade), que tinham estudado Mecânica pela terceira vez.

Selecionaram-se e adaptaram-se dois problemas qualitativos (o problema da nave espacial e o problema do lançamento da moeda, Apêndice 1) que podem ser resolvidos com base nas leis de Newton e conhecimentos gerais sobre as leis dos movimentos. Estes problemas haviam já sido usados pelo "Cognitive Processes Research Group" da Universidade de Massachusetts (Clement, 1982).

Foi pedido aos estudantes dos três subgrupos que respondessem individualmente e por escrito às várias perguntas relacionadas com cada um dos problemas e que justificassem as suas respostas de modo tão completo quanto possível. Um grupo de sete alunos (dos 9º, 10º e 12º anos de escolaridade e do 4º ano de um curso universitário de Física) foram submetidos a entrevistas clínicas baseadas nos mesmos problemas a fim de se obter uma informação mais correcta e profunda acerca do raciocínio efectuado pelos estudantes quando tentam explicar situações problemáticas do domínio da Mecânica.

As respostas dos alunos às várias questões dos problemas foram classificadas com base nos principais tipos de respostas e tendo em conta os objectivos do estudo.

Discussão dos Resultados

Na tabela 1 apresenta-se o comportamento dos estudantes nas principais categorias de respostas criadas para os problemas da nave espacial e do lançamento da moeda. Através de uma análise global de dados contidos nesta tabela pode-se verificar que a percentagem de alunos que respondeu correctamente aos problemas é muito baixa e que a maior parte dos estudantes utilizou ideias alternativas nas explicações das situações problemáticas que lhe foram apresentadas.

Contrariamente ao que determina a lei da inércia, uma percentagem relativamente elevada de estudantes parece acreditar na necessidade de um agente

TABELA 1

Comportamento dos alunos por ano de escolaridade e categoria de resposta
(N = 228)

Categoria de resposta	9º Ano (n= 84)		10º Ano (n= 99)		1º Univ. (n= 45)	
	f	(%)	f	(%)	f	(%)
1) <i>Resposta correcta</i>						
a) nave espacial	0	(0)	1	(1)	17	(38)
b) lançamento da moeda	11	(16)	11	(15)	19	(44)
2) <i>Velocidade constante requer um motor ligado</i>						
a) nave espacial	52	(68)	58	(72)	6	(15)
3) <i>Movimento requer uma força no mesmo sentido</i>						
a) nave espacial	11	(18)	16	(28)	1	(3)
b) lançamento da moeda	28	(41)	37	(52)	22	(53)
4) <i>A direcção do movimento muda instantaneamente para a direcção da força aplicada</i>						
a) nave espacial	50	(72)	56	(74)	10	(26)
5) <i>Força constante/motor ligado implica velocidade constante</i>						
a) nave espacial	12	(21)	22	(35)	5	(13)
6) <i>Ausência de força/motor desligado implica não existência de movimento</i>						
a) nave espacial	16	(23)	25	(32)	6	(16)
7) <i>Ausência de força/motor desligado implica movimento retardado</i>						
a) nave espacial	16	(23)	6	(8)	1	(3)
8) <i>Ausência de força/motor desligado implica regresso à trajectória inicial</i>						
a) nave espacial	0	(0)	5	(12)	6	(17)
9) <i>Ausência de força/motor desligado implica queda livre</i>						
a) nave espacial	4	(8)	3	(7)	8	(23)

que mantenha o movimento, ainda que esse movimento seja rectilíneo e uniforme. É interessante notar que a percentagem de alunos do 10º ano (os quais estudaram Mecânica uma vez), que acredita que "a acção de um motor (ou uma acção resultante dos vários motores) na direcção do movimento é necessária para que este seja mantido", é mais elevada do que a percentagem de estudantes do 9º ano (os quais nunca estudaram Mecânica) que exprimiram esta mesma ideia alternativa. A mesma relação verifica-se para a ideia "se a nave espacial está em movimento, tem que haver uma força aplicada na nave, força essa que tem que ter a direcção e sentido do movimento". Contudo, a percentagem de estudantes que exprime a ideia de que "o movimento requer uma força na mesma direcção e sentido" é muito menor do que a percentagem de alunos que acredita que "é necessário pelo menos um motor para que a nave se mantenha em movimento rectilíneo com velocidade constante". Isto pode significar que, embora alguns alunos não atribuam ao motor a capacidade de exercer força, esses mesmos alunos sentem a necessidade de um agente que actue sobre a nave "para que o movimento possa continuar". Esta afirmação é corroborada pelo facto de um número considerável de alunos dos vários níveis académicos ter afirmado que "a nave espacial pararia imediatamente se o único motor em funcionamento fosse desligado". O raciocínio dos alunos pode ser ilustrado pelo seguinte extracto de uma entrevista:

"Para se movimentar [a nave] tem que haver algum [motor] em funcionamento... Basta um motor; o motor N porque tem a direcção da trajectória... Não é necessário haver força aplicada na nave porque não há atrito nem gravidade... No ponto P, a velocidade é constante, o motor N está em funcionamento... Há a força da nave; para se movimentar, tem que ter uma força... Ela tem força; ninguém lha dá nem a exerce na nave... Se deixar cair uma caneta ela tem força." (10º ano de escolaridade).

Embora vários alunos admitam a hipótese de que a nave possa continuar em movimento, pelo menos por algum tempo, após o único motor em funcionamento ser desligado, poucos são aqueles que justificam esta sua atitude com base na lei da inércia e, conseqüentemente, algumas ideias alternativas (número 7, 8 e 9, tabela 1) são usadas pelos alunos nas suas respostas. As entrevistas permitiram-nos obter alguma informação mais detalhada sobre o raciocínio efectuado pelos alunos que explicam alternativamente o movimento da nave após o motor ser desligado. Assim, em primeiro lugar, parece existir uma certa tendência para a apresentação de respostas baseadas em analogias com situações familiares que, embora apresentando algumas semelhanças superficiais, são, contudo, diferentes do ponto de vista físico. Uma das alunas entrevistadas justificou o movimento da nave, com diminuição de velocidade, por analogia com um automóvel em andamento que deixa de ser acelerado, do seguinte modo:

"[A nave] continua com a velocidade que trazia mas a velocidade vai diminuir... Se tirar o pé do acelerador [de um automóvel] a velocidade

diminui e depois ele pára... Na nave diminui mas depois fica constante" (10º ano de escolaridade).

Esta aluna, que havia usado a lei da inércia em questões anteriores, revela agora uma certa dificuldade em aplicar essa lei a uma situação problemática que lhe faz lembrar uma situação familiar, que ela descreve embora talvez não compreenda completamente. No caso do automóvel que deixa de ser acelerado, a velocidade vai de facto diminuir progressivamente até que o carro pára (a menos que se encontre numa descida) devido ao atrito. No caso da nave, que a aluna tinha previamente afirmado poder deslocar-se sem qualquer motor em funcionamento, na ausência de atrito e gravidade, não haveria razão para a velocidade se alterar com a paragem do motor mas a aluna considera que a velocidade diminui (ficou por esclarecer quanto diminui) e só depois permanece constante. A comparação entre estas duas situações que se distinguem por uma variável fundamental que é o atrito, e que a aluna parece não compreender completamente em termos de efeitos produzidos, parece ser o que a levou a dar uma resposta pelo menos parcialmente incorrecta.

Uma outra aluna estabeleceu uma analogia entre a nave e ela própria, quando está a correr e quer parar, respondendo do seguinte modo:

"Continua em movimento porque ia com alguma força... Eu, quando corro, não páro imediatamente... Passado algum tempo [a nave] pára porque não há motores em funcionamento." (9º ano de escolaridade).

Contudo, depois de recordar as condições iniciais do problema, esta aluna acabou por reconsiderar a sua resposta e afirmar que:

"Se não há atrito, não pára, embora continue lentamente. Não tem muita força mas tem ainda alguma e continua a abrandar até à velocidade inicial e, então, continua em movimento, com velocidade constante." (9º ano de escolaridade)

Esta curiosa explicação da aluna, porventura algo semelhante às dos alunos que apresentaram a ideia número 8 (tabela 1), parece indicar que, deixando de se fazer sentir a causa perturbadora da situação inicial e, mantendo-se as condições iniciais, o movimento deve readquirir (pelo menos em parte) as suas características iniciais.

Uma outra analogia que parece ter influenciado alguns alunos na explicação do comportamento da nave após o motor K ter sido desligado tem a ver com a queda dos graves. Assim, a experiência quotidiana dos alunos com corpos que, à superfície da Terra, quando abandonados a si próprios, caem, parece ter levado alguns alunos a admitir que a nave, com todos os motores desligados, cai (ideia 9, tabela 1). Este facto foi também referido por uma entrevistada, do seguinte modo:

"O motor parou. Se ela [nave] tiver mais algum sítio onde estacionar, ela está no ponto onde estaciona. Acho que ela cai... A velocidade aumenta." (10º ano).

A necessidade de uma causa que mantenha o movimento conjuntamente com a dificuldade dos alunos em atribuir a um motor a capacidade de exercer uma força na nave pode também justificar a diferença dos resultados verificada para a ideia número 3 (tabela 1), entre o caso da nave e o caso da moeda. Para além disso, a elevada percentagem de alunos que afirma que "existe uma força na direcção do movimento da moeda" pode estar relacionada com a experiência quotidiana dos estudantes, segundo a qual eles precisam aplicar uma força, de baixo para cima, sobre uma moeda que pretendem lançar ao ar. Embora a força necessária para lançar um objecto seja uma força instantânea, muitos estudantes pensam que a moeda adquire a força que sobre ela é aplicada para a lançar e explicam o movimento de subida da moeda com base na existência ou de uma força constante ou de uma força decrescente, aplicada sobre a moeda. Um exemplo de explicação da subida da moeda, baseada na existência de uma força com o mesmo sentido do movimento, é fornecido pelo seguinte extracto de uma entrevista:

"Em B, há duas forças: há a força da gravidade e há a força com que eu lanço a moeda ao ar... a força que eu exerci em A [ponto de lançamento da moeda]... Em B, existem duas forças; uma que vai ser maior do que a outra. A maior é a força exercida... Ao lançar a moeda, a força que eu exerço é maior que a da gravidade e, por isso, é que ela [moeda] entra em movimento. No ponto C, também está em movimento mas, chega ao ponto D e essa força que eu actuei vai diminuir e a gravidade... vai ser mais forte... No ponto C, a força F_1 [força de lançamento] é maior que F_2 [força de lançamento no ponto D]. Em D... vou ter a força da gravidade a actuar. A força que eu exerci, pára. Depois só tenho a gravidade e a moeda cai." (4º ano da universidade).

A força da gravidade (peso) foi ignorada por grande parte dos alunos na explicação da subida da moeda mas passou a desempenhar um papel fundamental, para 84% dos alunos, na explicação da descida da moeda. Este facto pode estar relacionado com a orientação relativa da força da gravidade e do movimento em análise, de tal modo que a oposição de orientações leva à não consideração da força da gravidade enquanto que a coincidência de orientações transforma a força da gravidade no principal agente responsável pela queda da moeda. Este raciocínio é ilustrado pelos seguintes extractos de entrevistas sobre o problema da moeda:

"No ponto B, teremos a força gravítica e uma força, maior que a força gravítica, e que é a força que a faz subir. Temos, no ponto C, a força gravítica, que é igual [a B]... e uma força F, que já é mais pequena [que em B]... porque a moeda vai perdendo aceleração, até chegar ao ponto D, em que a força gravítica seria igual a F... Donde a resultante é zero... Teremos o ponto E onde a força gravítica é maior... é a única força que actua no corpo; a outra força já foi anulada... Na subida, a velocidade vai diminuindo porque a força vai diminuindo... A velocidade em D é zero... A velocidade em F é igual à velocidade em A; é máxima." (12º

ano escolaridade).

"Existe a força da mão... Este [apontando para o vector força em C] é maior [do que em B]. A força, ao princípio é maior... Depois desce... Em E é maior [do que em D - ponto máximo]. A força continua a ser a da mão, mas na moeda. Aqui [descida] já é a força da moeda sobre o chão. Aqui [ponto E] a força é maior [do que em D]... em todos os casos é a força que a mão exerceu sobre a moeda. Ela [moeda] desce; a força também aumenta. Acho que é a única solução." (10º ano de escolaridade)

Este comportamento dos alunos no problema da moeda é semelhante ao comportamento demonstrado nas suas respostas sobre a direcção do movimento da nave quando apenas um motor estava ligado. Na verdade uma percentagem bastante elevada de alunos de todos os níveis académicos considerados neste estudo afirmou que a direcção do movimento mudava instantaneamente para a direcção da força aplicada pelo motor em funcionamento (número 4, tabela 1).

Vários alunos exprimiram ainda a ideia de que "a existência de um motor em funcionamento faz com que a nave se desloque com velocidade constante" (número 5, tabela 1). Esta ideia é semelhante à ideia número 5 (tabela 1) e ambas têm implícita uma relação de proporcionalidade entre força e velocidade (em vez da correcta relação entre força e aceleração), que pode ser ilustrada através de alguns dos extractos de entrevistas sobre o problema da moeda, já apresentados, e pelo seguinte extracto de uma entrevista sobre o problema da nave:

"Temos que considerar o caso em que o motor está a trabalhar sempre com a mesma intensidade e, então, a velocidade será constante entre os dois pontos, ou, se o motor está a trabalhar progressivamente, e então esta cria uma certa aceleração; faz com que a nave, entre o ponto P e o ponto Q, vá aumentando a sua velocidade entre os dois pontos." (12º ano de escolaridade).

Se repararmos atentamente nas ideias alternativas expressas pelos alunos nas suas respostas aos problemas da nave espacial e da moeda, podemos concluir que elas reflectem a aceitação das ideias aristotélicas de que o estado de movimento (rectilíneo e uniforme) não é um estado natural (precisando por isso de uma causa explicativa), e de que os corpos tendem para o estado de repouso e, conseqüentemente, implicam a rejeição da lei da inércia como potencial explicação de certos factos/fenómenos. Na tabela 2 apresentam-se as principais ideias alternativas expressas pelos estudantes que participaram neste estudo e comparam-se essas ideias com as ideias newtonianas (ainda aceites) e com as ideias pré-galileanas. A semelhança existente entre as ideias pré-galileanas e as ideias alternativas dos alunos pode estar relacionada com o facto de, tal como os cientistas pré-galileanos, também muitos dos nossos estudantes tenderem espontaneamente a utilizar relações de causalidade para explicar todas as situações de movimento com que são confrontados, mesmo nos casos em que essas situações envolvem factos não causados,

TABELA 2

Concepções alternativas dos alunos em Mecânica
e suas ideias correspondentes na História Ciência e na Física actual

Ideias Newtonianas	Ideias alternativas dos alunos	Ideias pré-Galileanas
Objectos continuam em movimento com velocidade constante se a resultante das forças exteriores for nula.	Movimento requer uma força na mesma direcção.	Movimento é mantido pelo impetus (Buridan, séc. XIV)
Objectos param devido a uma força oposta ao movimento.	Objectos param porque gastaram a força que possuíam.	Objectos param quando o impetus acaba (Buridan, séc. XIV).
Movimento e repouso regem-se pelas mesmas leis.	Movimento e repouso regem-se por leis diferentes; o movimento necessita explicação.	Repouso é um estado natural; o movimento requer explicação (Aristóteles, séc. IV a.C.)
Força constante implica aceleração constante.	Força constante implica velocidade constante.	O ar mantém constante a velocidade de um objecto que está em movi. violento (Aristóteles, séc. IV a.C.)
Força é proporcional à aceleração.	Força é proporcional à velocidade.	Impetus é proporcional à velocidade (Buridan, séc. XIV).
Movimento retardado é causado por uma aceleração negativa.	Movimento retardado é causado por uma força decrescente no sentido do movimento.	Um decréscimo na velocidade é devido a um decréscimo no impetus (Buridan, séc. XIV).
Forças resultam de interacções entre objectos.	Objectos têm/adquirem forças.	Objectos adquirem e desenvolvem impetus (Buridan, séc. XIV)

mas antes factos determinados pela lei da inércia. Por outro lado, a necessidade dos alunos de encontrar uma causa para todos os factos parece levá-los, por vezes, a utilizar incorrectamente algumas regras de inferência. Na verdade, a comparação que, no problema da nave, os alunos estabeleceram entre a nave, sem qualquer motor ligado, e um corpo em queda ou um corpo em movimento acelerado, faz com que esses alunos, baseados na regra da semelhança, construam explicações alternativas para o problema da nave, já que este é (apenas) superficialmente parecido com as situações de movimento invocadas pelos alunos. A semelhança aparente de situações e a necessidade de uma causa para todo e qualquer tipo de movimento parecem portanto

levar muitos alunos a não usar sistematicamente um correcto controle das variáveis do problema, controle esse que iria, em alguns casos (ex: nave com movimento constante ou motores desligados e subida da moeda), mostrar-lhes que, a causa que eles gostariam de atribuir ao fenómeno, ou não existe ou não é a verdadeira causa.

Conclusões e Implicações

Os resultados deste estudo permitem-nos concluir que: a) os estudantes utilizam ideias alternativas na interpretação e explicação de situações problemáticas do domínio da Mecânica; b) essas ideias alternativas parecem ser muito resistentes ao ensino-aprendizagem, já que surgem tanto em alunos que nunca estudaram Mecânica como em estudantes universitários que já estudaram o tema pela terceira vez; c) o ensino parece levar os alunos a exprimir algumas ideias alternativas que os alunos sem ensino não apresentam; d) as ideias alternativas utilizadas pelos alunos fazem lembrar ideias pré-galileanas; e) os estudantes parecem ter dificuldade em explicar factos físicos sem recorrer a relações de causalidade, mesmo quando esses factos, embora sendo regidos por uma lei, não envolvem uma relação causal; f) a dificuldade dos alunos em aceitar a coexistência de um determinismo "legal" com um determinismo causal, no âmbito da Mecânica, parece levá-los a uma busca de causas para factos que, na Mecânica newtoniana, as não possuem; g) a dificuldade de aceitação de situações determinadas por leis parece levar os estudantes a adotar uma perspectiva pré-Galileana da Mecânica e a utilizar regras de inferência causal que não ponham em questão as suas ideias alternativas.

As conclusões deste estudo, conjuntamente com o nosso conhecimento empírico sobre a realidade do ensino da Física, e a nossa perspectiva construtivista do ensino-aprendizagem, levam-nos a sugerir um modelo para o ensino-aprendizagem da Mecânica, em particular, e da Física em geral, que tenha em conta as concepções alternativas dos alunos, os padrões de raciocínio por eles utilizados e que permita ao aluno um papel mais activo na construção do seu conhecimento. Este modelo consistiria essencialmente em: a) identificação/diagnóstico das concepções alternativas e dos padrões de raciocínio causal utilizados pelos alunos; b) apresentação de situações problemáticas pelo professor eventualmente conducentes ao conflito cognitivo nos alunos, de modo a permitir a comparação entre as diferentes explicações apresentadas pelos mesmos alunos; c) intervenção do professor para ajudar os alunos a clarificar/avaliar as diferentes explicações/conceitos, de modo a ultrapassarem as suas ideias alternativas e, eventualmente, adquirirem o ponto de vista cientificamente aceite e adequado ao seu nível de desenvolvimento cognitivo; d) apresentação pelo professor de outras situações problemáticas de modo a permitir aos alunos aplicar os conceitos aprendidos e a fortalecer a sua convicção no ponto de vista científico.

REFERÊNCIAS

- Bunge, M. (1977). Conjunción, sucesión, determinación, causalidad. In Piaget, J. et al. (1977). *Las teorías de la causalidad*. Salamanca: Ediciones Sigueme.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1) p. 66-71.
- Crombie, A. (1987). *Historia de la ciencia: De San Agustín a Galileo*[1. Siglos V-XIII. Madrid: Alianza Universidad.
- Hall, A. (1962). *The Scientific Revolution 1500-1800*. Boston: Beacon Press.
- Hume, D. (1973). *Traité de la Nature Humaine*. Paris: Éditions Montaigne.
- Kant, I. (1985). *Crítica da razão pura*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Kelley, H. (1973). The processes of causal attribution. *American Psychologist*, 28, 107-128.
- Kuhn, T. (1977). Las nociones de causalidad en el desarrollo de la física. In Piaget, J. et al. (1977).
- Mason, S. (1962). *A history of the sciences*. New York: Collier Books.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science: The Implications of Children's science*. Auckland: Heinemann.
- Piaget, J. (1977). La causalidad según E. Meyerson. In Piaget, J. et al. (1977).
- Pozo, J. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- Rosmorduc, J. (1983). *De Tales a Einstein: História da Física e da Química*. Lisboa: Editorial Caminho.

APÊNDICE 1

Problema da nave

1 - Uma nave espacial, com 4 motores (K, L, M e N) dispostos de acordo com a fig.2, encontra-se numa região do espaço onde não há atrito (não há atmosfera) e não há gravidade.

1.1 - Imagine que a nave se desloca, com velocidade constante, passando por um ponto D, distante, e por um ponto P, mais próximo (fig.1).

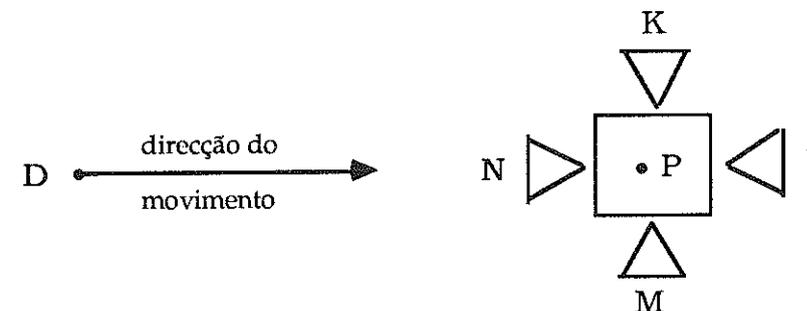


Fig. 1

1.1.1 - Estará algum motor em funcionamento, quando a nave se desloca entre os pontos D e P? Em caso afirmativo, qual/ quais?

a) Justifique a sua resposta.

1.1.2 - Na sua opinião, há alguma força aplicada na nave, quando ela passa no ponto P?

a) Justifique a sua resposta.

b) Se em 1.1.2 respondeu "sim", represente, na fig.1, a(s) força(s) que pensa actuare(m) na nave.

1.2 - Imediatamente após o ponto P, e durante dez segundos, o motor K é o único motor em funcionamento.

1.2.1- Represente a forma da trajectória que será seguida pela nave neste intervalo de tempo e designe por "Q" o ponto onde a nave se encontra ao fim dos dez segundos.

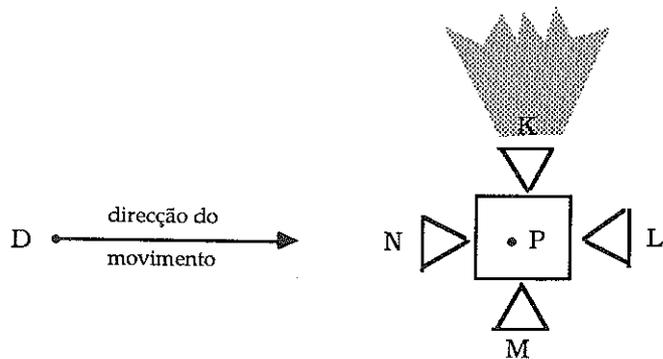


Fig. 2

1.2.2 - Descreva o que se passa com a velocidade da nave entre os pontos P e Q.

1.3 - Imediatamente após o ponto Q, o motor K é desligado.

1.3.1 - A nave pára ou continua em movimento? _____

Justifique a sua resposta.

1.3.2 - Se em 1.3.1 respondeu "continua em movimento", desenhe, na fig.3, a forma da trajectória, que, na sua opinião, será seguida pela nave; Se respondeu "pára", não precisa fazer nenhum desenho.

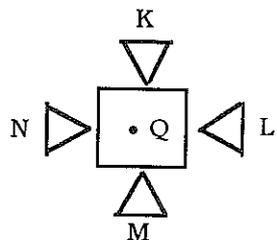


Fig.3

1.4 - No rectângulo abaixo, desenhe a trajectória completa da nave e assinale os pontos P e Q. Relembre que: A nave se desloca com velocidade constante entre o ponto D e o ponto P; entre o ponto P e o ponto Q o motor K é o único motor em funcionamento; logo após o ponto Q o motor K é desligado

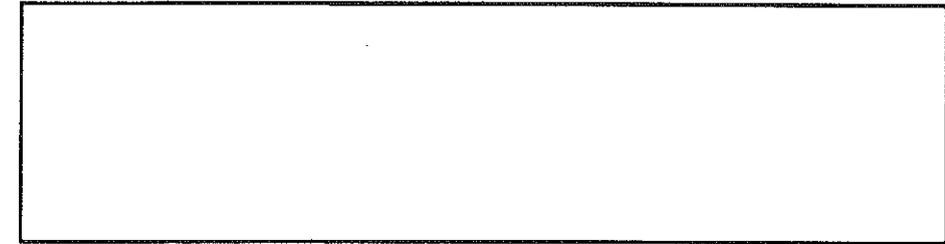


Fig.4

Problema do lançamento da moeda

1 - A figura 5 representa a trajectória seguida por uma moeda que é lançada ao ar, na vertical, deixando a mão no ponto A, atingindo um ponto máximo D, caindo verticalmente, e sendo apanhada no ponto F. A resistência do ar é desprezável.

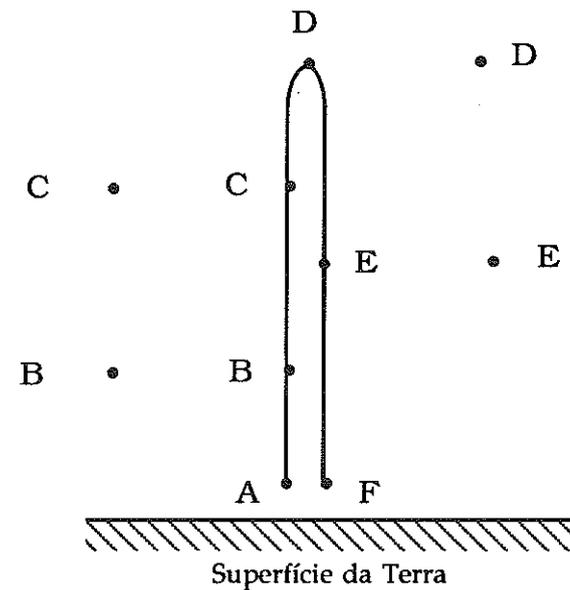


Fig. 5

2.1 - Represente, nos pontos colocados lateralmente, a(s) força(s) que actua(m) na moeda quando ela se encontra nos pontos B, C, D e E. Identifique devidamente a(s) força(s) representada(s).

2.2 - Descreva o raciocínio que efectuou para responder à pergunta anterior.

2.3 - Descreva o que se passa com a velocidade da moeda

1.3.1 - durante a subida.

1.3.2 - durante a descida.

CAUSAL REASONING AND THE EXPLANATION OF MECHANICS PHENOMENA

Abstract - When individuals are faced with new problematic situations they tend to formulate causal relationships in order to both explain those situations and improve their understanding of the world. The authors carried out a study involving 228 Portuguese physics students (from 9th grade to 4th year university), in order to investigate students' explanations of mechanics phenomena. Data were collected by means of a questionnaire and an interview. The results of the study have shown that students: a) express pre-Newtonian ideas when interpreting mechanics facts and phenomena and b) tend to generalise the use of causal reasoning to the interpretation of any mechanics fact or phenomenon. Mechanics includes causal facts and also facts which are determined by laws. Therefore, some students' difficulties in learning mechanics may be related to the over generalised use of causal reasoning as well as the use of causal inference rules, constructed from an insufficient and limited sample of experiences. The authors argue for the use of a teaching and learning model that takes into account both the students' alternative ideas and their causal inference rules, in order to increase the teaching effectiveness and to facilitate the learning of mechanics.

LE RAISONNEMENT CAUSAL ET L'EXPLICATION DE PHENOMENES DU DOMAINE DE LA MECANIQUE

Résumé - Confrontés à des situations problématiques, les individus ont tendance à établir des relations de causalité pour expliquer ces situations et, ainsi, augmenter leur compréhension du monde. Une étude réalisée, à travers un questionnaire et des interviews, avec 228 élèves portugais de Physique, (de la neuvième année de scolarité jusqu'à la quatrième année de l'université), a montré que les élèves: a) utilisent des idées et des explications pré-newtoniennes au niveau de l'interprétation de phénomènes et d'événements du domaine de la Mécanique et b) ont tendance à utiliser le raisonnement causal, de manière indiscriminée, au niveau de l'interprétation des mêmes phénomènes et événements. Bien des difficultés ressenties par les étudiants lors de l'apprentissage de ce thème peuvent être en relation avec l'application indifférenciée du raisonnement causal à toutes les situations problématiques auxquelles ils sont confrontés et avec l'utilisation de règles d'inférence causale, construites à partir d'un échantillon insuffisant et limité d'expériences. Par conséquent, on suggère un modèle d'enseignement-apprentissage qui considère les idées alternatives des élèves et les règles d'inférence qu'ils utilisent, pour rendre l'enseignement plus efficace et faciliter l'apprentissage de la Mécanique.

THE EVALUATION OF AN EDUCATIONAL STRATEGY FOR THE TEACHING OF CONCEPTS IN THE DOMAIN OF ELECTRICITY

Pieter Licht

Free University Amsterdam, The Netherlands

Abstract - Interest in new teaching methods and materials for Dutch education in physics has recently been enlivened by the emergence of two exciting new approaches, the first of which attempts to take students' intuitive ideas into account, while the second is concerned to introduce real-world contexts as points of departure. Our strategy attempts to combine these two approaches. We hope to be able to offer teachers a tried and tested way of using real-world contexts systematically as part of a well-thought-out strategy with different levels of conceptual development. This paper is a first step in that direction.

Something is stirring in the teaching of physics. Increasing numbers of researchers, physics teachers and curriculum developers are arguing for a new way of teaching the subject. There are two main reasons why a change is felt to be required.

Firstly, recent research has enabled a better understanding of our students' intuitive ideas about the physical world, which often stand in shrill contrast with the concepts which we are attempting to teach. We learn that many students still subscribe to their intuitive ideas even when they have 'successfully' completed a course in physics. We have to change our own concepts of teaching and learning and to conceive conceptual development as a process of conceptual change rather than a process of inculcation of scientific concepts (Driver, 1987).

The second reason why physics teaching needs to be enhanced is simply the fact that the efficacy of science education is disappointing, both in terms of cognitive and in terms of affective results. The lop-sided emphasis on abstract conceptualization simply does not work well enough, and solutions to the problem are being sought in the attempt to introduce real-world contexts which the students recognize and appreciate as being significant (Aikenhead, 1985). On the one hand,

students need a better understanding of the real-world context, and on the other hand they must be able to operate a battery of broadly applicable concepts.

Our research is specifically concerned with the teaching of the central concepts of electricity to 16 and 17 year-old students of middle to upper levels of ability. The results cannot necessarily be generalised to other domains of physics teaching, not to speak of other subjects. Our primary goal has been the development of a theoretical basis for teaching a domain-specific aspect of the discipline, i. e. the concepts of voltage, current and electrical energy.

Theoretical Framework

Our research is informed by what might be called a 'constructivist epistemology', because our cognitive approach builds on the intuitive ideas which students already hold. We were obliged to criticize our preliminary version of a teaching strategy, which was based upon our research, when it had been tried out in the classroom. This strategy, like other similar strategies (cf. Driver & Oldham, 1985; Hashweh, 1986), pays a great deal of attention to the juxtaposition of students' intuitive ideas on certain objects, phenomena or processes, and to the students' reflections upon the paradoxes thus generated. However, we felt that there were no concrete proposals about the manner in which the (generally accepted) science concepts were to be introduced. Such strategies simply do not lead to a spontaneous development of science concepts. We came to the conclusion that, in point of fact, there were two levels of conceptualization implicit in the strategy, namely: an intuitive level and a theoretical level. The gap between the levels is too great to be bridged by the simple device of arranging a confrontation between the students' intuitive ideas and the concepts of physics. An intermediate step which would serve as a link between the intuitive and the theoretical level is required. The following diagram depicts the educational strategy which we have now adopted.

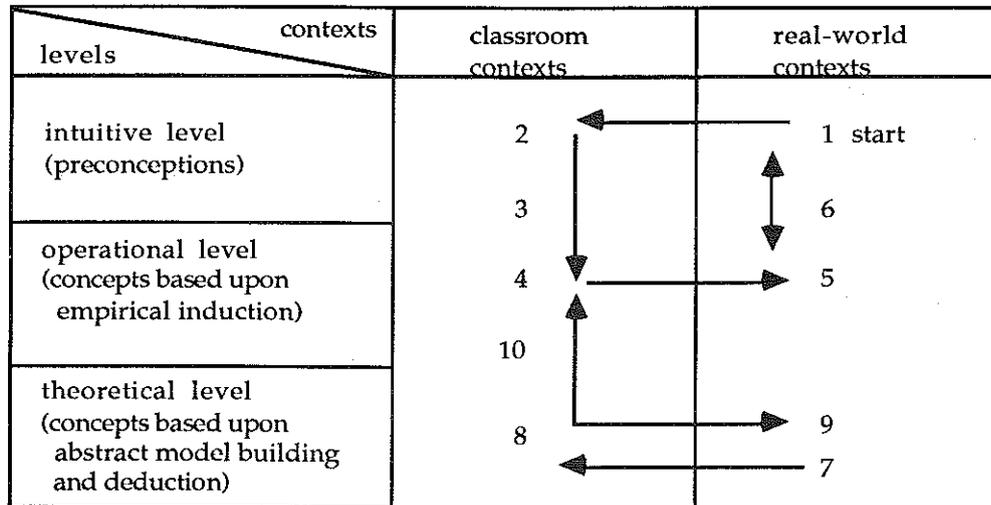


Figure 1 - Schematic diagram of the strategy

At the intuitive level, the student arrives at statements about objects, phenomena or processes on the basis of certain intuitions, preconceptions or idiosyncracies of usage in mother-tongue discourse. At this level, reliance upon contextual clues and personal experience is still making itself felt.

At the operational level, the student does not arrive at statements about objects, phenomena and processes until direct empirical observation or measurement of functional relationships between quantified properties has taken place. What is of importance at this level are the empirical relationships between concepts which each have their own direct link to objects, phenomena and processes which are being observed.

At the theoretical level, the student arrives at statements about the relationships which were described during work on the operational level. Such statements are subject to the rules of mathematics and logic. At this level, the relationships between the concepts concerned can be incorporated into a consistent model into which specifically targeted variables can be introduced. The change of a variable can thus be explained in terms of the model. Such a model would therefore be generative in character (Haenen & Van Oers, 1986). The concepts themselves are far removed from the field of direct observation and can only be related to observations by means of operational level concepts. There is a distinction to be drawn between 'internal' relations and 'bridging' relations (Hempel, 1965). Internal relations link concepts to each other on the theoretical level, while bridging relations connect theoretical concepts to operational concepts.

We are interested in a process of conceptual development by which the relations between concepts are linked to the perceived ability to manipulate with these concepts in certain real-world contexts. Our 'real-world' contexts are the situations and processes we find in the natural environment, in the everyday technologies of social and economic life and also in scientific research. At strategic moments in the course, students are confronted with selected 'real-world' contexts which provoke the active use of physics in problem solving and decision making.

The equally important 'classroom' contexts, on the other hand, include the experiments, assignments etc. which the students themselves recognize as being 'decanted' as it were from the 'real-world' contexts, i.e. in some way 'contrived' by the teacher.

It is, of course, vital that contexts are chosen which are prototypical for the relations on the level of conceptualization concerned. The nature of the contexts will thus vary from level to level.

In figure 1, the numbers 1 thru 6 stand for the six phases in a series of sessions in the course of which the operational level is reached from the intuitive level.

Phase one, is a first general acquaintance with a selected real-world context which highlights the aspects thereof which are to be dealt with in the next five phases.

Phase two, classroom contexts are used to elicit the students' own (latent) intuitive ideas which are then shared in the class.

Phase three an explicit confrontation between those intuitive ideas and phenomena which are recalcitrant to these ideas is arranged. Such a confrontation

may be set up using demonstration experiments, practical assignments and small-group or class discussion, as appropriate.

In *Phase four* operational relations are introduced in empirical modes, in order to begin the work of restructuring the students' concepts which were undermined in phase three. These relations are then tested using classroom contexts which became familiar in phases two and three.

Phase five is an 'application' phase in which students go on to apply their phase four operational relations to both familiar and less-familiar real-world contexts. Any limitations in the explanatory power of these newly acquired concepts may well be exposed during this phase.

Phase six is a sort of retrospective 'waystage' before embarking on the route through phases seven, eight, nine and ten. The students' attention is drawn to the process of reconceptualization, which they have experienced during phases 1 thru 5.

In the subsequent phases 7 thru 10, the students start at the theoretical level and are brought back to the operational level.

Phase seven, like phase one, begins with the introduction of a selected real-world context. Since we are here aiming to provoke conceptualization on a theoretical level, the context should not be amenable to explanations and/or descriptions which can be formulated in terms of operational level relations.

Phase eight is a model-building phase in which the target concepts which the students are to adopt are defined prescriptively and brought into relation with each other in a consistent model.

Phase nine, the newly-acquired theoretical concepts are brought to bear on both familiar and unfamiliar real-world contexts.

Finally, *Phase ten* is an integration phase in which the relations encountered on the theoretical level, which now fit into a consistent model, are used to explain the relations found on the operational level.

The way in which this ten-phase strategy can be put into practice in the classroom is the subject of the next section, which in turn is followed by the presentation of the results which we have so far gathered by formal evaluation techniques.

The theoretical framework implemented in a curriculum

The theoretical framework which has been outlined above, may be regarded as a hypothesis about the way in which students learn to understand scientific concepts. We have used this hypothesis in a series of lessons about electricity in classes of middle-to-upper ability 16 and 17 year olds, in pursuance of our stated goal of domain-specific theory formation, i.e. theory about teaching the principles of electricity, and not about physics teaching in general.

Previous research had already catalogued the intuitive ideas about so-called simple electrical circuits that our students were likely to subscribe to (Duit et al., 1984; Licht, 1986, 1987). In order to improve our perception of students ideas, we proceed to classify the relations between concepts into one, two, and three-dimensional relations, taking each of the three levels separately. In this way it can

be shown that the ideas on the intuitive level can be relational in character and in this sense are not antiscientific.

Thus, the ubiquitous idea that a current is stronger before reaching a bulb than it is once it has passed through, can be classified as a one dimensional relation on the intuitive level (the dimension is current; the relation: *Ibefore* > *Iafter*). This particular relation involves an idea of current consumption and a failure to distinguish between the concepts of current and energy.

A two-dimensional relation on the intuitive level is, for example the idea that more energy is converted in a larger resistor than in a smaller one (the dimensions: resistance and energy; the relation: the greater R is, the greater U will be).

An example of a two-dimensional relation on the operational level would be the idea that the current passing through a resistor must increase if the voltage across the resistor is increased (dimensions: voltage and current; relation: if V increases, then I will increase). At the operational level, measurements are taken for the variables concerned, and these form the basis upon which the statements are made which relate those variables to each other. Other examples of such relations (in notational form) are: $V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3$; $I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$; $P = V \cdot I$; $I = V/R$ (where tot is a total).

On the theoretical level, relations are expressed in terms of variables such as: electric field strength, electric potential, kinetic and potential energy of charge carriers, electrons and electron concentrations. These variables cannot be directly observed or measured, although they do fit into an abstract theoretical model which can be used to generate explanations for the relations identified on the operational level. It is extremely important that conceptualisation on the theoretical level implies explanatory power on the operational level. In our view, this aspect of linking the theoretical level to the operational level has been sadly neglected in the teaching of electricity, and the result has been that many of the students accept the concepts on the theoretical level as dogmas which are to be thrust into the intellectual vacuum which is created once the students' intuitive ideas have been discredited.

We would make a case for seeking a mode of model-building on the theoretical level which provides students with explanatory tools which they can use in describing and explaining the phenomena which they can observe (and measure) themselves. We have therefore, in this domain-specific strategy, generated a sub-atomic model of electrons and electron concentrations which enjoys explanatory power on the operational level. Our expectation that such a model can be useful and productive in educational terms is supported by recent research, as well as by our own classroom experience (Kircher et al., 1975; Black et al., 1987).

The structure of our curriculum

We intend to develop three modules which deal with electrical phenomena, and each module comprises approx. 15 lessons of 50 minute duration. Our trio of target concepts are: voltage, current and electrical energy, and our strategy aims to ensure

that by the end of each module, the students are equipped with fundamental understanding of the concepts, and are not merely regurgitating a theoretical concept which has won their allegiance by virtue of the teacher's authority.

In module 1, for example, which involves consideration of how electricity is used in the home (i.e. real-world context), we have a situation in which an attempt is made to elevate the trio of target concepts to the operational level.

In module 2, on the other hand, in which the real-world context is lightning and thunderstorms, a sub-atomic model is introduced which is not only intended to bring explanatory power to bear on the natural phenomenon of electrical storms, but is also intended to explain the relations encountered, but not yet fully understood, in module 1. Module 2 thus involves the transposition of the target concepts to the theoretical level.

The third module's real-world contexts involves production, transmission, and utilization of electrical energy. In the course of this module, the three target concepts (i.e. 'alternating voltage', alternating current, and electrical energy in relation to magnetic fields) are first placed in the chosen context and subsequently related to the theoretical model which was constructed in module 2. For the first time, students are confronted with the boundary conditions of this model, because it cannot explain phenomena related to the theory of electromagnetism.

Evaluation of the teaching strategy

We have begun our research into the effectiveness of the strategy outlined above when it is put into practice in the classroom. The research is exploratory in character and can only be expected to yield provisional conclusions about the strategy's efficacy. At this stage, we are not seeking to compare our method of teaching with more orthodox ways of teaching students about electricity.

The question which we formulated to direct our research is:

'To what extent does the implementation of our strategy lead an optimal number of pupils to reach the operational and the theoretical level in their manipulation of the concepts: voltage, current and electrical energy?'

We can say that a certain level has been reached by a student when he or she is able to apply the relations on the level concerned not only in the classroom contexts and the real-world contexts which are familiar from the course, but also in unfamiliar contexts.

An answer to the question has been sought in the analysis of students' achievement in the four different groups which worked with the modules 1 and 2. Classroom time was thus some 30 teaching hours.

In the summary which follows, the measurement techniques are briefly described.

1. A diagnostic test (referred to as DT) which produces an inventory of specific intuitive ideas about voltage, current and electrical energy.

The test comprises four separate homogeneous scales which are concerned with

the idea of current consumptions (scale CC), with the idea that a battery or power-point is a constant source of current (scale CS), with local and sequential ways of reasoning in electrical circuits (scale LS), and with the failure to draw (an adequate) distinction between voltage and current (scale VI) (see: Licht, 1988). The test thus tells us how the students are interpreting the classroom context of electrical circuits on the intuitive level. The students complete this test during *Phase two of the strategy*.

This is followed by remedial teaching programs that provide the context of *Phase three*, which in turn is followed by a second round of testing. We thus gain some insight in the extent to which the students' own intuitive ideas have been challenged during the initial three stages of the strategy. The results are here presented in terms of scale scores. A high score on the scale means that a large number of students apparently subscribe to the intuitive idea with which the scale is concerned. In practice, students were not given remedial teaching unless they had answered more than half of the questions in a manner which was consistent with the intuitive idea associated with the scale concerned.

2. The second instrument is an *Assignment with Stepwise Assistance Resources (ASAR 1)* by means of which it is possible to determine the extent to which students are able to apply the relations encountered in phase four in unfamiliar real-world contexts. The ASAR 1 comprises three separate questions.

While attempting to solve the problems posed by the questions, the student can make use of written assistance resources which are graded into three steps. The first step of assistance establishes a link between the unfamiliar context and a context with which the student is familiar. Second step assistance resources make implicit data (in text, diagram, photograph or drawing) explicit, while the third step assistance enables the student to breakdown the larger steps in the problem-solving process into smaller steps.

The test thus gives us an idea of how things stand during *Phase five* of the strategy. The three-step structure also has the advantage of telling us what the effect of *Phase four* has been, since a student who has been 'thrown' by the unfamiliarity of the context and is informed by the first step assistance resources that he or she may think in terms of a familiar context, will proceed to manipulate operational relations in solving the problem (which is the goal of phase four of the strategy).

3. The third instrument is a *Final Assignment in Module 1 (FAM 1)* which comprises four questions. One of these involves the differences and relations between the target concepts without the question referring to any specific context, while a pair of questions concern the electricity supply in the home environment (module's 1 real-world context). The fourth question deals with an as yet unfamiliar real-world context. The FAM 1 is used to determine the extent to which the *Phase one* thru *six* of the strategy have functioned as intended. Comparing the results of FAM 1 with those gathered in the DT and the ASAR 1 can tell us the extent to which the preparation for the FAM 1 has been adequate.

4. The fourth instrument is again an *Assignment with Stepwise Assistance Resources (ASAR 2)*, which is now related to the use of theoretical concepts like electric

potential, electric field strength, potential and kinetic energy of charge carriers in unfamiliar contexts, and comprises two questions. This diagnostic instrument helps the students to reach *Phase nine* of the strategy, and gives the teacher insight into the extent to which students are able to manipulate the theoretical concepts already without any assistance - which is the goal of *Phase eight* of the strategy.

- The fifth, and final, instrument is *the Final Assignment for Module 2 (FAM 2)*, which like the FAM 1 comprises four questions. Of these, one is placed in the context of thunderstorms, one in an electrical circuit context, and two in an as yet unfamiliar context. The questions are formulated in such a way that the students' answers tell us what the effects of the *Phases nine and ten* of the strategy have been.

A total of 108 students (60 male, 48 female) were tested. They were all members of one of four groups each of which was being taught by its own teacher. The research was carried out in the periods January-April, 1988 and October-December, 1988.

Results and conclusions

The diagnostic test

The results of the diagnostic test (which was assigned twice) can be found in table 1. The average scale scores on the CS-scale (constant source of current) and LS-scale (local and sequential reasoning) indicate that the intuitive ideas concerned were subscribed to by a large number of students at the time of the initial test. Table 2 records the percentage of students that were eventually assigned to a particular remedial program, and states the total number of remedial programs to which students were assigned.

Table 1 - Diagnostic test results

scale code	reliability on occasion 1 and 2	number of questions	mean score on occasion 1 and 2	difference in mean scale score
CC	.77 .79	7	3.37 .61	+
CS	.76 .76	8	4.35 2.22	+
LS	.75 .79	8	5.11 1.99	+
VI	.54 .63	7	2.70 .83	+

+ two-tailed test with $p < .01$

Table 2 - Percentages of students directed to a particular remedial program and percentages of students directed to a certain number of remedial programs

directed to a particular remedial program				directed to a certain number of remedial programs				
CC	CS	LS	VI	0	1	2	3	4
40%	57%	74%	33%	7%	21%	44%	21%	6%

When considering the results of this initial DT, we must remember that the students had already studied electricity fairly intensively during their school careers. The results show that many of them were nevertheless diagnosed as requiring two or three teaching hours in remedial programs. The short term effect, that is the improvement shown in the second test, is considerable and it supports our view that it is useful to study the role of the confrontation aspect of the strategy (*Phase three*), i.e. the elicitation of (latent) student ideas and the demonstration of their lack of explanatory power.

In *Phase three* of the strategy we elected to set out the 'confrontation' by asking a number of introductory written questions to which written answers were required, and by setting a limited number of practical assignments. This approach seems to have borne fruit, at least in the short term, although educationalists must always be wary of drawing conclusions from the apparent 'improvement' in test performance.

A smaller group of students, however, maintain their allegiance to erroneous ideas in the areas of 'constant source of current' (scale CS) and 'local and sequential reasoning' (scale LS). At a later stage we are able to correlate the Diagnostic Test results with the results of Module's 1 Final Assignment.

The Assignment with Stepwise Assistance Resources (ASAR 1)

Table 3 sets out the results of this assignment and indicates to what extent the students used the stepwise assistance available.

Our students were given a form on which they were asked to record the resources which they had used in solving the problems posed in the assignment. They could also state whether their errors were due to mistakes in calculation or to forgetting what the correct unit was. The proportion of correct answers may not see high (62%), but we should not forget that three entirely unfamiliar contexts were used in the questions. Any one of those questions could in fact have been set as the most challenging component of the Final Assignment of Module 1. On average, about 40% of the students used the step one assistance resources, and on average about 7% used all three steps of assistance. Among those that gave an incorrect answer, more than 50% had not used assistance resources at all (28% gave incorrect answers with or without assistance, of which 16% incorrect without any assistance). We may thus

conclude that the assistance resources are adequate for most of our students. We cannot, however, judge the extent to which all students derived real benefit from the assistance resources, since it is inevitable that some of them must have found nothing in the written resources that they didn't already know.

Table 3 - The percentages of students who used a particular step of the assistance and the breakdown of correct answers given to each question

Question	use of assistance			percentages of answers		percentages incorrect without help
	step 1	step 2	step 3	correct	virtually correct*	
1	27	36	39	56	16	14
2	52	30	28	70	10	13
3	50	23	24	61	2	21
mean	43	31	30	62	9	16

(* i.e. calculation error or omission of units.)

In figure 2, we present the percentages of students who used one or more of the steps of resource assistance, together with the percentages of those students who arrived at a (virtually) correct answer. We may conclude that the first step of assistance appears to have been extremely effective.

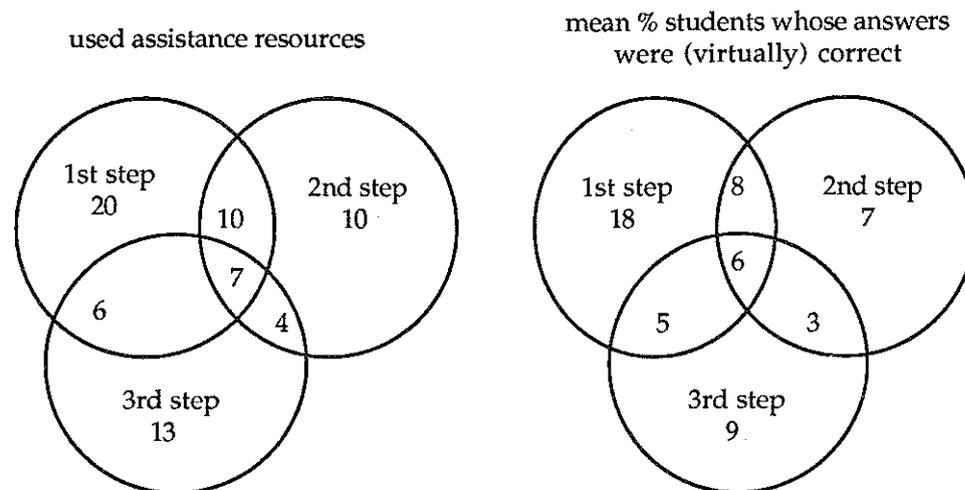


Figure 2 - Percentages of students using one or more of the steps of assistance, and the percentages of those students who subsequently answered (virtually) correctly.

Of all the students who used the first step of assistance 86% arrived at a (virtually) correct answer, while the other two steps have a 'success rate' of approx. 75%. We find that the 70% of the students who used some kind of assistance comprises 57% who answered (virtually) correctly and 13% who did not. Of the remaining 30% (i.e.: non-users of assistance), 14% arrived at a (virtually) correct answer and 16% failed to do so.

We note that when the Assignment with Stepwise Assistance Resources (ASAR 1) is presented to students, some 60% of them think that they do not require any assistance resources when it comes to transposition to other contexts (step 1 assistance). In fact, less than 2/3 of this group arrive at a (virtually) correct answer. Since a full 20% of the students only require step one assistance resources in order to answer (virtually) correctly, we are forced to conclude that a large number of students are not able to respond satisfactorily to *Phase five* of our strategy in its present form. In contrast, for many of the students *Phase four* of our strategy appears to be entirely satisfactory, since 3/4 of the 80% non-users of step two and/or step three assistance succeed in answering (virtually) correctly, that means is able to manipulate with the operational relations in a familiar or familiar made context.

The Final Assignment of Module 1 (FAM 1)

Pressure of time meant that 3 of our 4 teachers omitted the first question in this Final Assignment. All four of them, however, did try out questions 2 (in 5 parts) and 3 (in 4 parts), which are both concerned with a familiar context. The mean scores achieved for these questions were very impressive (in excess of 75%). Two out of four parts which scored less than 75% correlate significantly with the scale scores recorded in the Diagnostic Test. These two 'difficult' subquestions are worth closer consideration:

1. The first context involved a 40 watt, 220 volt light bulb. A question about the electrical resistance of this light bulb was followed up by a question which first reminded students that 'more powerful light bulbs exist' and went on to ask them to 'explain what the electrical resistance of powerful light bulbs must be, in comparison with less powerful light bulbs such as the 40W, 220V bulb under discussion'. The incorrect answer that the resistance must be greater if the bulb is more powerful correlates significantly with the previously detected intuitive idea that more current is consumed when extra resistors are put into a circuit or when a resistor's resistance increases (product-moment correlation 0.32; $p < 0.01$).
2. The second sub-question concerns the overloading of a cable which connects a clubhouse to the main electricity supply. The question reads: 'If the 2,500 watt floodlight system is switched on, the lights in the clubhouse continue to burn, but do so less brightly. Give an explanation for this'. Answers to the effect that less current is passing through the lights because so much is being 'consumed' or 'used' by the floodlights correlate significantly with the previously noted intuitive ideas about current consumption (p.m.c. 0.19; $p < 0.05$) and constant source of current (p.m.c. 0.44; $p < 0.01$).

Having handled familiar contexts in questions 2 and 3, question 4 introduces a model railway train and thus concerns an unfamiliar context. The mean score of 61% lags behind the scores for questions 2 and 3 (more than 75%). Students who were making extensive use of the first step assistance resources when attempting the ASAR 1 now come to grief in the same manner as their fellow non-users when it comes to transposing the unfamiliar context to a familiar one, which question 4 of this Final Assignment of Module 1 (FAM 1) requires of them.

There are relatively few significant correlations between the Final Assignment 1 results and the Diagnostic Test scale scores. The 'local and sequential scale (scale LS)' and the 'failure to draw an (adequate) distinction between voltage and current (scale VI)', showed absolutely no correlation with the FAM 1 results, in spite of the fact that the subject matter of a number of sub-questions was eminently suited to creating such reasoning and conceptual confusion. We may conclude that at the completion of Module 1, i.e. at the end of *Phase six* of the strategy, the types of ideas related to the scales LS and VI have virtually disappeared from the students' minds. Intuitive ideas related to current consumption (scale CC) and constant source of current (scale CS), however, appear not to have been entirely expelled at this juncture, although their influence has been markedly reduced since the start of Module 1.

The Assignment with Stepwise Assistance Resources 2 (ASAR 2)

The ASAR 2 results resemble the ASAR 1 results. Again the first step assistance resources (the step that helps to transpose the new context to a familiar one) is extremely important in helping an average 42% of the students to achieve a (virtually) correct answer. The mean percentage of students recording a correct answer is now 70%. Again we see that while the goals of *Phase nine* of the strategy (that students are able to use the theoretical concepts in unfamiliar contexts) are not as yet achieved, the goals of *Phase eight* of the strategy (that students are able to use the theoretical concepts in a familiar context) have been achieved during ASAR 2. Almost 75% of the students made use of the previously introduced electron and electron concentration model while attempting the problems.

The Final Assignment for Module 2 (FAM 2)

We propose to limit ourselves to discussion of those Assignment results which cast the most light on the specific contribution which Module 2 has made in the enhancement of conceptualization concerning the three target concepts voltage, current and electrical energy, which is *Phase ten* of the strategy.

One of the four Assignment's questions concerns an electrical circuit with a dry-cell battery, two light bulbs and two switches. The sub-questions concern the way in which changes in the circuit affect the relative brightness of the bulbs. More than 80% of the students answered correctly, and of this group, more than 60% made use of the electron model which had been introduced during Module 2. The remainder of the

successful students reasoned directly in terms of voltage, current and power, and thus arrived at their correct answers. Of the less than 20% who failed to answer correctly, some 75% merely mentioned the concepts of voltage, current and power and made no use of the electron model.

A total of 11% of the students were still struggling with conceptual and reasoning difficulties which are related to the problem areas identified by the Diagnostic Test. The propensity to reason in terms of a constant source of current from the battery is a particularly recalcitrant misconception. In fact, virtually none of the students in this relatively small group reason in terms of the electron model.

From these results, we may conclude that the goals of *Phase ten* of the strategy (the concepts in the theoretical level are used to explain the relations and phenomena on the operational level) have been achieved.

We would like to mention one result with respect to *Phase nine* of the strategy. This phase not only deals with the use of the theoretical concepts in unfamiliar contexts, but also with the explanation of phenomena in the central context of Module 2, i.e. thunderstorms. Almost all of the students could explain these phenomena in terms of a model involving charges, charge-separations and with a cloud, functioning as a kind of voltage source.

The efficacy of our strategy

In Module 1, our strategy led to more than 75% of the students developing an ability to manipulate the relations concerned on the operational level in familiar contexts, and some 65% in unfamiliar contexts. These results can be said to be highly encouraging, although testing of the strategy is of course still in the initial stages. It suggests that our idea of strictly separating out the operational and the theoretical level is a sound direction in which to proceed.

Somewhat less can be said about our strategy's success on the theoretical level, at least until more Module 2 results are available. We need more intermediate stage data if we are to arrive at a comprehensive judgment. Nevertheless, our analysis of the Module 2 results so far, does suggest that many students can manipulate the concepts of voltage, current and electrical energy more flexibly after Module 2 than they could at the end of Module 1. The step back to the operational level from the theoretical level seems to have infused the three target concepts with a theoretical content that appeals to a large number of the students.

REFERENCES

- Aikenhead, G. (1985). Science curricula and social responsibility. In: Bybee, R. (ed.). *Science-Technology-Society, 1985 Yearbook*. Washington: National Science Teacher Association.
- Black, D. & Solomon, J. (1987). Can pupils use taught analogies for electric current? *School Science Review*, 249-254.
- Driver, R. & Oldham, V. (1985). *A constructivist approach to curriculum development in science*. Paper for the symposium "Personal Construction of Meaning in Educational Settings", Bera, Sheffield.
- Driver, R. (1987). *Changing conceptions*. Paper on the International Seminar: Adolescent Development and School Science, London.
- Duit, R., Jung, W. & Rhoeneck, C. V. (1984). *Aspects of Understanding Electricity. Proceedings of an International Workshop*. Ludwigsburg, IPN.
- Haenen, J. & Oers, B. V. (1986). De vorming van wetenschappelijke begrippen. Davydov op de basisschool. *Ped. Stud.*, 63, 445-455. (in Dutch).
- Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 8, 229-249.
- Hempel, C. G. (1965). *Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science*. New York: The Free Press.
- Kircher, E. & Duit, R. (1975). Modelle des elektrischen Stromkreises in der Sekundarstufe 1 - Das Wassermodell und das Elektronenmodell. *Der Physikunterricht*, 9 (4) 17-42. (in German).
- Licht, P. (1986). Conceptual and Reasoning Problems in Introductory Electricity Education. *Tijdschrift voor Didactiek der Beta-wetenschappen*, 4, 88-107. (in Dutch).
- Licht, P. (1987). A Strategy to deal with conceptual and reasoning problems in Introductory Electricity Education. In: Novak, J. D. *Proceedings of the Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University. Volume II, 275-284.
- Licht, P. (1988). The development of a Diagnostic Instrument to assign specific intuitive ideas on voltage and current. *Tijdschrift voor Didactiek der Beta-wetenschappen*, 6, 99-114. (in Dutch).

AVALIAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE CONCEITOS NO DOMÍNIO DA ELECTRICIDADE

Resumo - O interesse por novos métodos de ensino e materiais didáticos foi, no caso da Física, na Holanda, recentemente avivado pela emergência de duas novas e excitantes estratégias: a primeira tenta ter em conta as ideias intuitivas dos alunos enquanto que a segunda diz respeito à introdução de situações do mundo real como ponto de partida para o ensino-aprendizagem. A nossa estratégia tenta combinar as duas anteriormente referidas. Esperamos ser capazes de oferecer aos professores uma proposta testada da utilização sistemática de situações do mundo real como parte de uma estratégia "bem pensada" com diferentes níveis de desenvolvimento conceptual. Este artigo representa um primeiro passo nessa direcção.

EVALUATION D'UNE STRATEGIE EN EDUCATION POUR L'ENSEIGNEMENT DES CONCEPTS DANS LE DOMAINE DE L'ELECTRICITE

Résumé - L'intérêt concernant les nouvelles méthodes de l'enseignement et les matériaux didactiques a été, pour la physique, en Hollande, récemment mis à jour dû à l'émergence de deux stratégies nouvelles et excitantes. La première essaie de tenir compte des idées intuitives des élèves tandis que la seconde concerne l'introduction de situations du monde réel en tant que point de départ pour l'enseignement-aprentissage. Notre stratégie essaie de les combiner. Nous espérons être capables d'offrir aux professeurs une proposition testée de l'utilisation systématique de situations du monde réel comme partie intégrante d'une stratégie "bien pensée" présentant différents niveaux de développement conceptuel. Cet article constitue un premier pas dans cette direction.

ESTILOS COGNITIVOS, CONCEPÇÕES INTUITIVAS E ENSINO- -APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS NO 2º CICLO DO ENSINO BÁSICO

Joaquim Gomes de Sá
Universidade do Minho, Portugal

Maria Odete Valente
Universidade de Lisboa, Portugal

Resumo - Neste artigo faz-se o relato parcial de um estudo, em que o estilo cognitivo dependente - independente de campo (DIC), definindo por Witkin e seus colaboradores, é tomado como variável independente e como variáveis dependentes se tomaram: o nível de aprendizagem dos alunos, quando confrontados com uma sequência de problemas/demonstrações relacionados com o princípio de Arquimedes; e o rendimento escolar dos alunos em Ciências da Natureza. Relatam-se ainda as concepções intuitivas reveladas pelos alunos, quanto aos problemas formulados e demonstrações efectuadas. Verificou-se que: 1) Os problemas propostos têm um carácter contra-intuitivo. A percentagem de respostas correctas dos alunos varia entre 10,3% e 38%; 2) A mesma criança pode revelar diferentes concepções intuitivas que dependem da configuração perceptiva do problema; e, 3) Os alunos Independentes de Campo, realizam mais elevados níveis de aprendizagem, quando confrontados com a sequência de problemas/demonstrações, relativos ao princípio de Arquimedes. Os alunos Dependentes de Campo revelam-se menos eficazes, parecendo mais confusos e menos elaborados no fundamento das suas previsões.

Este estudo inscreve-se na linha do crescente interesse pelas diferenças individuais no processamento da informação na aprendizagem das Ciências, em oposição a toda uma tradição em que o indivíduo era visto como uma entidade padronizada.

Das múltiplas diferenças individuais que são hoje objecto da Psicologia Diferencial, tomámos como variável independente, a variável Dependente-Independente de Campo (DIC). A teoria dependente-independente de campo (DIC), baseia-se numa estreita relação entre a percepção e os traços característicos da personalidade do sujeito, entre os quais avultam os processos de natureza cognitiva que nos interessam especialmente neste estudo. Por isso se considera Wertheimer (1948) como o precursor da teoria que veio a ser desenvolvida por Witkin e seus

colaboradores (1971, 1974).

Resumidamente, os indivíduos que em testes perceptivos têm dificuldade em isolar um elemento simples, oculto num contexto complexo, dizem-se *dependentes de campo* (DC), enquanto, por outro lado, os que facilmente isolam esse elemento oculto no contexto complexo se dizem *independentes de campo* (IC). Os IC têm maior capacidade de análise, enquanto os DC são mais globalizantes, em termos de percepção.

Do ponto de vista cognitivo, os IC têm maior facilidade na resolução de problemas que requeiram poder de análise.

Daí a hipótese de que haja um efeito diferencial dos estilos cognitivos na resolução de certos problemas de ciência, bem como na aprendizagem resultante da observação de uma sequência de demonstrações relacionadas com determinado conceito, designadamente o conceito de Impulsão.

Vários estudos demonstram que os alunos DC têm preferência por actividades de natureza social e humanística, e maiores dificuldades na Matemática e Ciências da Natureza, obtendo normalmente níveis de aproveitamento inferiores aos seus pares IC (Witkin, 1971, 1974; Anastasi, 1982; Samers, 1982).

Tais investigações suscitam o interesse em estudar em que medida aqueles resultados se confirmam com alunos portugueses.

Neste estudo é dado também grande relevo às concepções intuitivas, que sob a designação de concepções alternativas, pré-conceitos, concepções privadas, etc., têm merecido, desde o início da década de setenta, a atenção de um grande número de autores. Tem-se sugerido, em consequência das múltiplas investigações, que o desenvolvimento conceptual tendente a fazer evoluir os alunos das suas concepções intuitivas para as concepções científicas formais, não pode prescindir do reconhecimento da natureza de tais concepções no processo de ensino-aprendizagem.

O Problema

Resume-se o problema em estudo a três questões:

1. Que concepções intuitivas têm as crianças do 2º ciclo do Ensino Básico sobre um conjunto de problemas e fenómenos relacionados com a acção da água sobre os corpos?
2. Existem diferenças significativas entre os alunos DC e os alunos IC no processo de aprendizagem resultante de uma sequência de demonstrações relativas à acção da água sobre os corpos?
3. Existe alguma relação entre o estilo cognitivo dependente-independente de campo e o nível de aproveitamento em Ciências da Natureza?

Revisão da Literatura

Concepções Intuitivas e Aprendizagem

O que designamos por *concepções intuitivas* tem conhecido designações diversas.

Começaram por ter a designação de *ideias erradas*. De acordo com tal ponto de vista atribui-se-lhes o carácter de simples desvios, facilmente corrigíveis, mediante a sua substituição pelas explicações aceites pela comunidade científica, que ao professor competiria fornecer. Porém, múltiplas investigações revelaram a profunda estabilidade e a grande resistência à mudança de muitas dessas ideias face à educação formal, tornando-se claro que se encontram fortemente impregnadas na estrutura mental da criança. As novas designações entretanto adoptadas, tais como *pré-concepções* (Ausubel, 1980), *concepções alternativas* (Driver & Easley, 1978), *estruturas alternativas* (Erickson, 1979; Driver, 1985) e "*Ciência da Criança*" (Gilbert, Osborne & Fensham, 1982) têm em comum a preocupação de assegurar a tais ideias um novo estatuto epistemológico: são parte integrante de formas de pensamento próprias da criança.

É nessa linha de orientação que nos posicionamos ao adoptarmos a de *concepções intuitivas*. Concepção é a operação que "começa pela apreensão da essência de um objecto, isolando-a depois do concreto que a originou e elevando-a por fim a conceito. A concepção constitui o ponto de partida para todos os processos ulteriores do conhecimento intelectual" (Lexicoteca Moderna, Enciclopédia Universal, Círculo de Leitores). Diremos intuitivas porque se baseiam no conhecimento directo e imediato dos objectos sensíveis. Às concepções intuitivas confere-se-lhes a qualidade de formas de pensamento naturais no quadro do desenvolvimento conceptual. Situam-se no contexto de um percurso cujo ponto de chegada são os conceitos científicos.

Segundo Viennot (1979), mesmo alunos universitários continuam a manifestar nos seus raciocínios a influência de concepções intuitivas. Nós podemos confirmar este facto, ao verificar que em 40 alunos do 1º ano dos cursos de Educadores de infância e Professores do Ensino Primário 72,5% n=29 revelam uma concepção aristotélica acerca da queda dos graves: de entre duas esferas de metal, iguais em volume e diferentes pesos, a mais pesada atinge o solo mais rapidamente, quando abandonadas da mesma altura.

Maddox (1978) sustenta que continuam a existir concepções intuitivas nos próprios professores de ciências. Vários autores têm sugerido que é na filosofia da Ciência que os educadores em Ciência melhor se podem inspirar a fim de estabelecerem uma teoria e uma prática de ensino-aprendizagem mais eficaz. Driver (1983) sublinha que:

"Como os homens de Ciência, que são forçados num período de "Revolução Científica" a mudar o paradigma, também os alunos têm um longo caminho a percorrer afastando-se das representações e convicções que trazem para a aula, para compreenderem e assimilarem os modelos explicativos que se lhes apresenta."

Na linha do paralelismo entre o modo de fazer ciência e o desenvolvimento conceptual na aprendizagem, Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982) sugerem quatro condições para que se dê o fenómeno da mudança conceptual: 1) deve haver insatisfação com as concepções existentes, para o que concorre o confronto com fenómenos não assimiláveis por essas concepções; 2) a nova concepção deve ser inteligível, ou seja, deverá o aluno ser capaz de a incorporar significativamente, sem ter que a memorizar; 3) a nova concepção deve ser plausível, quer dizer, deve pelo menos compreender a explicação dos fenómenos antes explicados pela concepção em vias de substituição; 4) a nova concepção deve oferecer a possibilidade de abrir novas pistas de inquérito e pesquisa, permitindo novos entendimentos relativos a outros fenómenos.

Estilo Cognitivo Dependente - Independente de Campo

Wertheimer realiza em 1912 uma experiência que vem a tornar-se crucial quando em 1948 é repetida por Ash e Witkin.

A experiência que ficou conhecida por "Rod and Frame Test" (R.F.T.; teste da moldura e da vara; Witkin, 1974) consta de uma moldura luminosa em forma de quadrado e uma vara, também luminosa, móvel em torno de um eixo ao centro da moldura. A tarefa que se propõe a um sujeito colocado numa sala escura, e tendo de frente o referido sistema, é que dê instruções no sentido de se rodar a vara por forma a colocá-la na posição vertical, partindo de diferentes inclinações, quer da vara, quer da moldura.

A situação criada pôs em evidência o facto de que, quando colocados perante a tarefa de isolar um determinado elemento (a vertical), os indivíduos manifestam maior ou menor dificuldade, consoante o grau em que são influenciados por elementos distractores do contexto perceptivo (moldura) em que aqueles se inserem.

Witkin e seus colaboradores conceberam outros dois testes, designados "Body Adjustment Test" (B.A.T., teste de ajustamento corporal) e "Embedded Figures Test" (E.F.T., teste das figuras embutidas).

"As correlações entre os "scores" dos testes B.A.T, R.F.T. e E.F.T. são na maioria dos casos significativas, dando suporte à ideia de uma substancial consistência no funcionamento individual nestas situações" (Witkin et al., 1974, p. 5).

A forma altamente consistente e duradoura revelada pelos indivíduos no funcionamento perceptivo sugere como hipótese plausível, que esse facto esteja para além da mera dimensão perceptiva. A percepção seria como que a ponta de um "iceberg" por detrás do qual se oculta uma ampla estrutura que atravessa horizontalmente diversas áreas de funcionamento pessoal. Estudos efectuados por Witkin (1974) e seus colaboradores, quanto às implicações do estilo perceptivo na cognição, permitem concluir que os IC têm maior facilidade na resolução de problemas que requeiram poder de análise: a) isolando um elemento crítico de um dado contexto; b) desmontando estruturas dadas e recriando novas estruturas; c) articulando elementos dispersos por forma a obter uma estrutura não existente de início.

Nesta relação entre o estilo perceptivo dependente-independente de campo e o modo característico de funcionamento intelectual que lhe está associado, se fundamenta a ideia de que os testes E.F.T., R.F.T. e B.A.T. são instrumentos que identificam

igualmente um estilo cognitivo dependente-independente de campo.

"Os estilos cognitivos são os modos característicos de funcionamento que os indivíduos revelam nas suas actividades perceptivas e intelectuais de forma estável e profunda" (Witkin et al., 1971, p. 3).

Estilo Cognitivo e Aprendizagem

Cohen (1969), Coop e Siegel (1971) e Kogan (1976) concluíram que o estilo independente de campo é mais vantajoso em situações escolares. Tais resultados são particularmente notórios nas Ciências. Samers (1982) verificou que os cientistas e engenheiros são claramente mais independentes de campo do que a restante população.

Há, no entanto, uma forte linha de investigação na qual se destacam Witkin e seus colaboradores (Witkin, Moore, Goodenough & Cox, 1977) tendente a demonstrar que os sujeitos DC podem atingir níveis semelhantes aos seus pares IC, ou pelo menos atenuar as suas desvantagens, quando adoptadas estratégias de ensino-aprendizagem adequadas às suas características afectivas e cognitivas.

Kornbluth e Sabban (1982) e Strawitz (1984a, 1984b) demonstram que os sujeitos DC beneficiam de estratégias de ensino-aprendizagem com as seguintes características: 1) tenham um carácter individualizado, permitindo o respeito pelo ritmo próprio de cada um; 2) permitam uma forte interacção professor-aluno, de modo a ser fornecida uma orientação e "feed-back" regulares, bem como reforço imediato encorajador na prossecução da tarefa.

Metodologia

O estudo contempla dois tipos de abordagem: uma através de entrevista e outra através de inquérito. Em ambos os casos os alunos foram confrontados com seis problemas relacionados com o princípio de Arquimedes.

Concepções Intuitivas

Entrevista

A fase de entrevista teve por objectivo fazer o levantamento das concepções intuitivas das crianças, relativamente aos seguintes aspectos: 1) efeito da água sobre um corpo nela mergulhado; 2) importância de diferentes configurações perceptivas da água nesse efeito. Nas configurações perceptivas da água foram contemplados os seguintes factores: a) quantidade de água; b) nível da água no recipiente; c) formato do recipiente.

Os problemas consistem no seguinte: Mostra-se à criança um sistema tipo-balança em equilíbrio constituído por uma barra horizontal e duas esferas de ferro suspensas nas extremidades. Pede-se-lhe que faça uma previsão quanto ao comportamento do sistema, bem como uma explicação após a observação, nas seguintes situações: 1) mergulhar uma das esferas na água de um copo pequeno; 2) mergulhar uma das esferas na água de uma bacia (maior quantidade de água); 3) mergulhar uma das esferas na

água de um frasco alto (nível da água mais elevado); 4) mergulhar ambas as esferas em dois copos de água; 5) mergulhar ambas as esferas, uma no copo pequeno e outra na bacia; 6) mergulhar ambas as esferas, uma no copo pequeno e outra no frasco alto.

Quatro preocupações estiveram subjacentes à escolha de tais problemas: primeiro, o facto de serem problemas relativamente aos quais a criança dispõe de experiências afins, podendo por isso apresentar os seus modelos explicativos; segundo, o facto de esses problemas apresentarem um certo grau de conflitualidade; terceiro, o facto de serem problemas que permitem diversificar os contextos perceptivos; e finalmente o facto de se relacionarem com um conceito não contemplado nos conteúdos programáticos de Ciências da Natureza até ao 2º Ciclo do Ensino Básico. Concepções intuitivas são ideias, previsões e modelos explicativos que as crianças apresentam antes de qualquer aprendizagem formal.

Foram entrevistados 62 alunos do 1º e 2º anos do 2º Ciclo do Ensino Básico, com uma média de idades de 11 anos e 4 meses, sendo 27 do sexo feminino e 35 do sexo masculino.

Aprendizagem DC versus IC

Inquérito

A fim de estudar o efeito diferencial do estilo cognitivo na aprendizagem, resultante da observação dos fenómenos, foi elaborado um inquérito que consta de duas partes. Na parte I, cada questão contempla: uma alínea a) em que o aluno regista a sua previsão quanto ao comportamento do sistema tipo-balança; e uma alínea b) em que o aluno apresenta a justificação para a sua previsão. Na parte II, cada questão contempla: uma alínea a) em que o aluno regista a sua previsão; uma alínea b) em que regista a observação, dado que a experiência é realizada; e uma alínea c) em que o aluno apresenta a explicação/interpretação da observação. A sequência de problemas é a mesma em ambas as partes.

A justificação da previsão na parte I, bem como a explicação/interpretação da observação na parte II têm o carácter de itens de múltipla escolha. Feita uma análise de conteúdo às entrevistas foram identificadas umas quantas categorias de respostas para cada problema, no que concerne à justificação e/ou observação. Assumiu-se que cada grupo de categorias de respostas a uma situação-problema seria um grupo de alternativas de um item de múltipla escolha. Em cada item há duas ou três alternativas congruentes com a previsão correcta e a observação da experiência.

No final do inquérito, supõe-se que haja uma diferença substancial entre o perfil de respostas da parte I e o perfil de respostas da parte II. Essa diferença traduzir-se-á numa progressão realizada na parte II, em resultado da transferência que é feita de uns problemas para outros, em função da observação que não teve lugar na parte I.

Define-se aprendizagem como sendo a progressão realizada na parte II do inquérito, comparativamente com a parte I. Para efeito de quantificação dessa aprendizagem o inquérito foi classificado.

Sujeitos

Sendo o nosso objectivo pôr em contraste sujeitos DC e sujeitos IC quanto à aprendizagem efectuada ao longo da sequência de problemas e demonstrações, foi necessário proceder à identificação dos estilos cognitivos dos sujeitos antes da aplicação do inquérito. Nesse sentido, quatro turmas do 2º ano do 2º Ciclo do Ensino Básico, num total de 118 alunos, foram submetidos ao Group Embedded Figures Test (GEFT), uma adaptação do teste individual Embedded Figures Test (Witkin et al., 1971). Os que obtiveram scores no intervalo |0;5| foram classificados como DC, e os que obtiveram scores no intervalo |10;18| foram classificados como IC. Deste modo, foram seleccionados 47 sujeitos DC e 36 sujeitos IC para submeter a inquérito.

A média de idades é de 11 anos e 9 meses. Entre os DC havia 29 (61,7%) do sexo feminino e 18 (38,3%) do sexo masculino; 11, ou seja 36,67% pertenciam aos dois estratos sociais mais favorecidos (PS₁+PS₂^{*}) e 19 (63,33%) pertenciam aos dois estratos sociais mais desfavorecidos (PS₃ + PS₄^{*}). Entre os sujeitos IC há 14 (43,75%) do sexo feminino e 18 (56,25%) do sexo masculino; 18 (56,25%) pertencem ao grupo social PS₁ + PS₂ e 14 (43,75%) pertenciam ao grupo social PS₃ + PS₄. Estes dados vão de encontro ao que nos diz a literatura, ou seja, que aos estratos sócio-económicos mais desfavorecidos corresponde uma mais acentuada dependência de campo (Shade, 1982); e que os indivíduos do sexo feminino tendem igualmente a ser mais dependentes de campo do que os do sexo masculino (Witkin et al., 1971, 1974).

Conclusões

Concepções Intuitivas

No quadro 1 figuram as frequências absolutas e percentagens, correspondentes a cada tipo de previsão efectuada para os diferentes problemas apresentados. No quadro omitiram-se dados relativos ao problema dos dois copos iguais (problema 4), cuja percentagem de previsões correctas é de 96,8%.

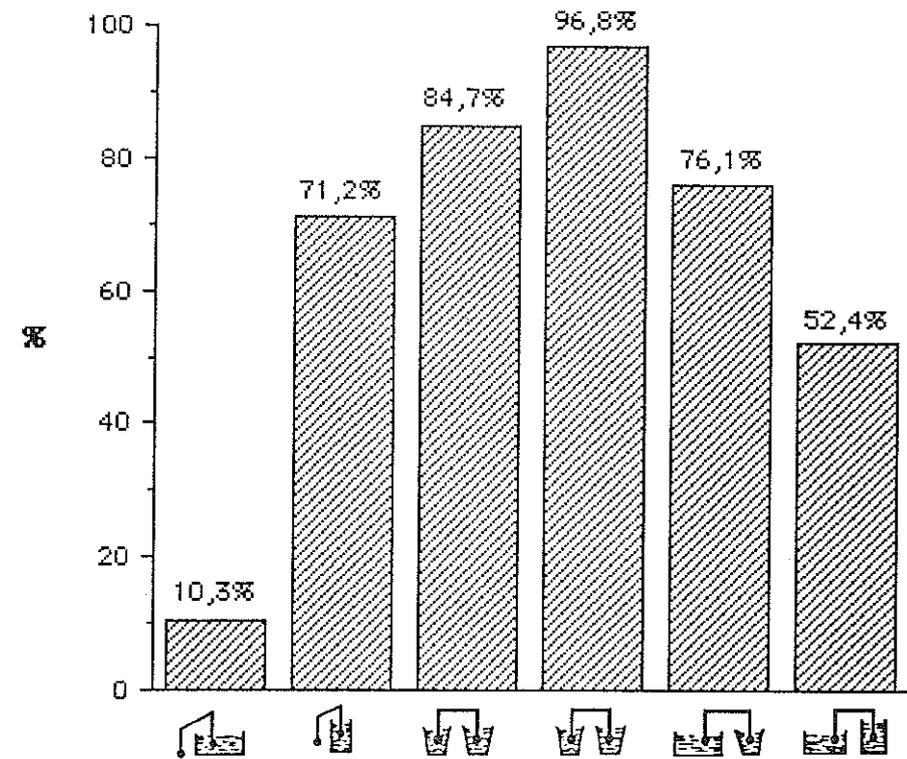
* A classificação das crianças quanto à origem sócio-económica, foi efectuada de acordo com um instrumento produzido pela Área de Análise Social e Organizacional da Educação da Universidade do Minho, que adopta como critério de decisão a profissão dos pais.

QUADRO 1 - Frequências relativas às entrevistas

PROBLEMA	1				2		3			5			6		
	9	43	6	1	16	42	0	9	50	4	7	35	17	3	22
Possibilidades	15,5%	74,1%	10,3%	1,7%	27,1%	71,2%	15,3%	84,7%	8,7%	15,2%	76,1%	40,5%	7,1%	52,4%	
n	5	2	6	1	17	42	9	50	11	35	20	22			
%	89,7%	10,3%	28,8%	71,2%	15,3%	84,7%	23,9%	76,1%	47,6%	52,4%					
N Classificados	4				3		3			16			21		

Com esses dados construiu-se o gráfico da fig. 1, em que constam as percentagens de previsões correctas para cada problema. É de realçar que na primeira situação, apenas 6 crianças (10,3%) fazem uma previsão correcta. A tendência dominante é claramente a dos que pensam que o sistema se inclina para o lado da esfera que mergulha na água (74,1%). Há explicações do tipo "o corpo na água fica mais pesado", contudo não parece ser esta concepção que subjaz à maioria daquele tipo de previsão

Fig. 1 - Percentagens de previsões correctas



É notório que há uma aprendizagem da primeira situação para a segunda e desta para a terceira, resultado do efeito de transferência a partir das observações efectuadas. Porém, importa sublinhar que no 2º problema, parte das 16 crianças (27,1%) que prevêm o desequilíbrio do sistema em sentido incorrecto, justificam-se evocando a observação efectuada na primeira situação.

Nos argumentos apresentados é possível discernir dois esquemas mentais. Por um lado atribui-se à diferente (maior) quantidade de água na bacia um efeito antagónico do que é produzido pela água do copo. Exemplifiquemos: "já é capaz de ir

ao fundo porque tem mais água"; "é ao contrário porque a água tem mais pressão"; "porque a água tem mais volume"; "porque no copo mais pequeno com menos água subiu e tendo mais água desce". Estes alunos atribuem a diferentes quantidades de água efeitos diferentes em termos qualitativos e não quantitativos.

Por outro lado, há alunos que utilizam o modelo de que, consoante o volume ou forma do recipiente, a água estará mais ou menos comprimida, e conseqüentemente tende a repelir ou a receber facilmente um corpo no seu seio. Ilustram esse modelo as seguintes respostas: "é ao contrário do caso anterior porque a água está mais espalhada"; "porque é menor o copo, exerce mais força ... na bacia é ao contrário"; "porque a bacia é maior e o copo mais fechado"; "fica mais alto o que fica de fora ... por ser mais largo na bacia".

No problema 3 há três processos mentais que contribuem para fazer crescer a percentagem de previsões correctas (84,7%): a tendência para uma generalização empírica quanto ao efeito da água; o efeito específico que é reconhecido ao elevado nível da água no sentido de provocar a elevação da esfera mergulhada; e o esquema da água "comprimida" no frasco, comparativamente com a situação da bacia.

Entre os 9 alunos (15,3%) de previsões não correctas é identificável um novo modelo explicativo. O elevado nível da água no frasco alto, sugere que a esfera mergulhada ficará a sustentar o peso da coluna líquida que lhe fica por cima, o que provocará o desequilíbrio no sentido da esfera mergulhada. Exemplo: "vai subir o que fica de fora ... porque o frasco é mais alto e o peso vai ficar mais para baixo"; "este ferro (mergulhado) ganha peso .. porque quanto mais fundo mais peso ganha".

No problema 4 é evidente que as crianças, quase a 100%, reconhecem os efeitos compensatórios da água contida nos dois copos, sendo estes iguais, contendo iguais quantidades de água e sendo os níveis de água idênticos.

O decréscimo de previsões correctas nos problemas 5 e 6 vem confirmar a natureza das concepções intuitivas identificadas nos três primeiros problemas. As situações 5 e 6 não deixam de ter um carácter conflitual, não só para os alunos que fazem previsões incorrectas (23,9% no problema 5 e 47,6% no problema 6), mas também para muitos dos que fazem previsões correctas, que revelam hesitações evidentes.

Para além da generalização empírica quanto ao efeito da água, três concepções intuitivas se manifestam no problema 5: 1) "mais água implica que o corpo da bacia fica mais pesado"; 2) "a água da bacia está mais espalhada, logo a esfera penetra mais facilmente" ou "no copo a água está mais apertada, logo a esfera é repelida"; e 3) "na bacia a água empurra mais para cima, porque há mais água no copo".

Na situação 6 o que mais influencia as previsões incorrectas é a ideia de que o nível mais elevado da água no frasco faz a esfera subir. Há 17 (40,5%) previsões coerentes com esta concepção. Nalguns casos revela-se também a ideia de que o sistema se inclina para o lado do frasco porque aí a esfera "suportará" o peso de uma coluna líquida mais alta. Esta concepção poderá até coexistir com a anterior, que parece no entanto sobrepôr-se.

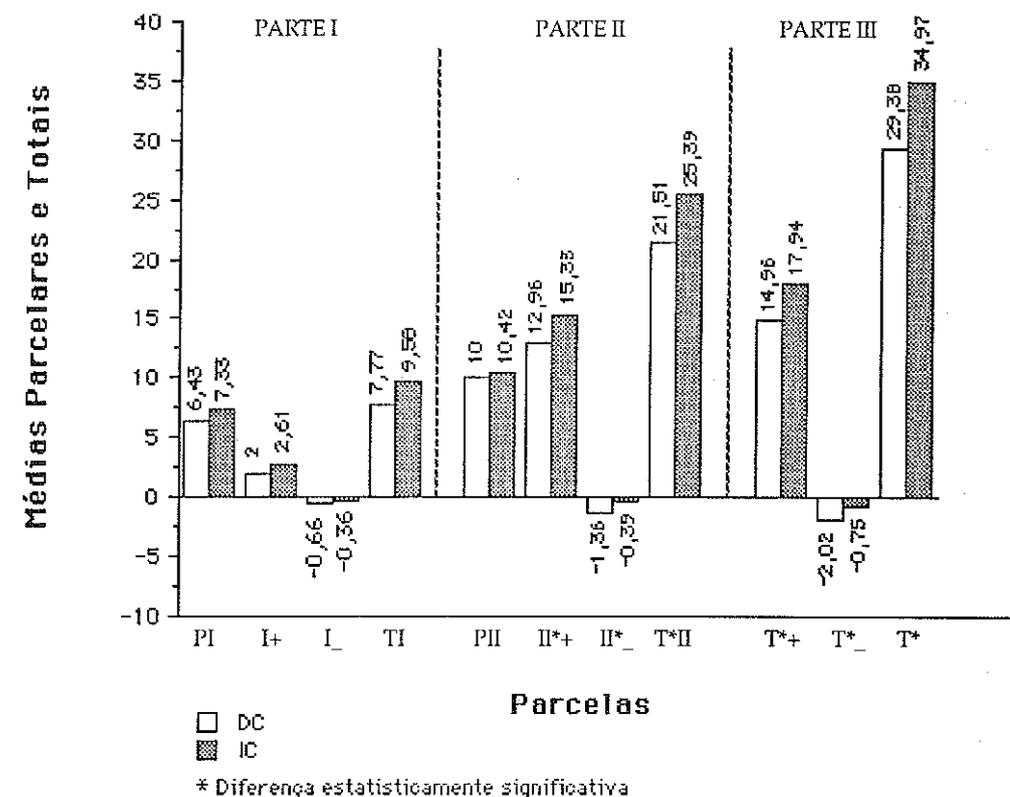
Aprendizagem DC versus IC

O score obtido em cada inquérito foi fraccionado em 10 parcelas. São elas as

seguintes: P_I - pontuação obtida nas questões de previsão da parte I; I₊ - pontuação positiva obtida na justificação das previsões da parte I; I₋ - pontuação negativa obtida na justificação das previsões da parte I; T_I - total da pontuação obtida na parte I; P_{II} - pontuação obtida nas questões de previsão da parte II; II₊ - pontuação positiva obtida na justificação/interpretação da parte II; II₋ - pontuação negativa obtida na justificação/ interpretação da parte II; T_{II} - total da pontuação na parte II; T₊ - total da pontuação positiva obtida nas partes I e II; T₋ - total da pontuação negativa obtida nas partes I e II.

Calculadas as médias correspondentes a cada uma destas parcelas, bem como as médias dos scores totais (T), foi estabelecido o contraste DC/IC e construído o gráfico de barras da fig. 2.

Fig. 2 - Contrastes DC/IC das médias parciais e totais relativos ao inquérito



A análise do gráfico permite concluir o seguinte:

1. Em todos os contrastes efectuados para os scores parciais relativos à parte I do inquérito, as diferenças DC/IC não são estatisticamente significativas. Na fase em que a criança é apenas solicitada a prever e justificar-se, sem observação da experiência, não há diferenças significativas: quanto à previsão (6,43; 7, 33- $t_{PI}=1,16$; $p<0,05$; $df=81$); quanto ao número de alternativas coerentes com a previsão correcta, que assinala (2; 2,61- $t_{I+}=1,15$; $p<0,05$; $df=81$); nem quanto ao número de contradições com a previsão correcta (-0,66; -0,36- $t_{I-}=1,48$; $p<0,05$; $df=81$).
2. Na parte II, fase em que cada previsão é seguida de demonstração, só não há diferenças estatisticamente significativas quanto às previsões (10; 10, 42- $t_{PII}=0,52$; $p<0,05$; $df=81$). Os restantes contrastes revelam diferenças estatisticamente significativas. Os IC assinalam maior número de alternativas coerentes com a previsão correcta (12,96; 15, 33; - $t_{II+}=3,87$; $p<0,05$; $df=81$); e registam menor número de contradições com a previsão correcta (-1, 36; -0,39- $t_{II-}=3,05$; $p<0,05$; $df=81$).
3. Consequentemente, os sujeitos IC registam scores parciais na parte II, significativamente superiores aos scores dos sujeitos DC (21,51; 25,39- $t_{PII}=2,99$; $p<0,05$; $df=81$).
4. No cômputo global verifica-se que: os sujeitos IC registam maior número de alternativas coerentes com a previsão correcta, na justificação e interpretação (14,96; 17,94- $t_{I+}=3,43$; $p<0,05$; $df=81$); os IC assinalam menos contradições com a previsão correcta na justificação e interpretação (-2,02; -0,75- $t_{I-}=3,03$; $p<0,05$; $df=81$); os IC atingem scores globais significativamente superiores aos dos seus pares DC (29,38; 34,97- $t_{I}=2,62$; $p<0,05$; $df=81$).

Partindo do facto de que não há diferenças significativas nas médias dos scores na parte I, e que tais diferenças significativas se vêm registar nas médias de scores da parte II, em favor dos sujeitos IC, podemos concluir que estes realizaram mais elevado nível de aprendizagem, em resultado da sequência de demonstrações relativas ao princípio de Arquimedes.

Aproveitamento em Ciências da Natureza DC versus IC

Para o contraste DC/IC quanto a esta variável foram abrangidos 77 alunos DC e 68 alunos IC. Calculadas as médias e desvios padrão obtiveram-se: $XDC=3,168$; $XDC=0,567$; $XIC=3,7$; $XIC=0,787$.

Aplicado o teste t, foi obtido o valor $t=4,71$ que corresponde a uma diferença altamente significativa para $p<0,05$, $df=143$. Comprova-se assim, que em alunos portugueses do 2º Ciclo do Ensino Básico, os sujeitos IC obtêm níveis de aproveitamento em Ciências da Natureza significativamente superiores aos dos seus pares DC.

Discussão e Interpretação de Resultados: Implicações para o Ensino das Ciências.

Discussão e Interpretação dos Resultados

1. Do facto de apenas 6 alunos em 58 (10,3%) fazerem uma previsão correcta, quando uma das esferas do sistema tipo-balança é mergulhada na água de um copo, não nos parece poder concluir-se que a maioria dos alunos não atribui à água qualquer efeito sobre os corpos nela mergulhados. Nesta idade os alunos distinguem claramente duas classes de objectos: os que são feitos de material que flutua e os que são feitos de material que afunda, embora não sejam capazes de coordenar as variáveis peso e volume para explicar a flutuação (Piaget & Inhelder, 1975; Shayer & Adey, 1986). A esfera de ferro está inequivocamente incluída na classe dos objectos que se afundam na água. O problema proposto às crianças não é de modo nenhum um problema de flutuação/não flutuação, mas a maioria das crianças parece raciocinar como se disso se tratasse. Os alunos perdem de vista a articulação entre as duas esferas ligadas entre si, e a coordenação desse facto com a acção da água. É muito forte a noção fornecida pela experiência de que "ferro sempre vai ao fundo". Entre os que raciocinam deste modo, existem aqueles que só reconhecem uma acção da água no caso dos corpos "leves", e aqueles que reconhecem um efeito sistemático sobre qualquer corpo, mas insuficiente para fazer flutuar, tratando-se de um corpo "pesado".
2. Confirmou-se, conforme a nossa deliberada intenção, que os problemas propostos têm um carácter contra-intuitivo. Quando percorridos todos os problemas, sem qualquer observação, na parte I do inquérito, o número de previsões correctas não chega aos 39%. O modelo de Anderson (1982) designado de Experiencial Gestalt Causation (E.G.C.) é congruente com algumas previsões e explicações que foram dadas, mas é claramente contrariado por muitas outras. Tal modelo não nos parece generalizável para explicar a emergência das concepções intuitivas. Em face de uma gama de problemas similares, a mesma criança pode revelar diferentes concepções intuitivas que dependem da configuração perceptiva do problema. Essas diferentes concepções intuitivas revelam a influência de informação perceptiva enganadora.
3. Relativamente ao contraste DC/IC quanto à abordagem dos problemas, a diferença crucial situa-se ao nível das justificações/explicações dos fenómenos observados na parte II do inquérito. *Aí os DC revelam-se menos eficazes, parecendo mais confusos e menos elaborados no fundamento das suas previsões.* Tal diferença manifesta-se no maior número de contradições reveladas pelos DC por um lado (pontos negativos), e no menor número de alternativas que assinalam, coerentes com as previsões e observações (pontos positivos), por outro lado. Os IC são mais lógicos, consideram toda a informação inerente ao problema e analisam-na de forma cuidadosa. Daí as poucas contradições, e o facto de serem mais exaustivos na análise das alternativas contidas nos itens de múltipla escolha. "A capacidade para ultrapassar os efeitos distractores de um determinado contexto é fundamental na dimensão dependente-independente de campo" (Witkin et al., 1971, 1874).

Uma outra hipótese interpretativa quanto às alternativas assinaladas, é que os sujeitos IC sejam indivíduos que admitem um leque de possibilidades mais amplo quando abordam um problema. Enquanto os DC se dariam por satisfeitos depois de assinalarem uma alternativa, ignorando as restantes, os IC contemplariam todas as alternativas como possibilidades dignas de serem consideradas.

O duplo aspecto contradições/alternativas coerentes assinaladas, pode ainda levar-nos a concluir que os sujeitos IC são mais abertos aos fenómenos objectivos do exterior. As observações na parte II do inquérito, parecem ter um impacto mais acentuado na estrutura mental dos sujeitos IC. Por isso é que as diferenças não significativas entre pontuações positivas, e pontuações negativas na parte I do inquérito, passam a ser significativas na parte II.

Recorrendo ao modelo de estilos de aprendizagem de Robert Hanson, Harvey Silver e Richard Strong (Kuerbis, 1987), os DC aproximar-se-iam mais do estilo de aprendizagem "o que sente sensações" e os IC aproximar-se-iam mais do estilo de aprendizagem "pensador-intuitivo". Nessa perspectiva, os sujeitos DC "aprendem os fenómenos mais através dos sentidos do que através das ideias" (Kuerbis, 1987). Os DC têm mais dificuldade em partir dos dados sensíveis para a conceptualização. Pelo contrário, os IC vão mais facilmente além dos dados sensíveis, construindo representações mentais dos fenómenos que observam, o que se repercute no modo como justificam previsões e interpretam fenómenos.

Implicações para o Ensino-Aprendizagem das Ciências

1. O facto de as crianças terem atingido elevados níveis de aprendizagem relativamente à sequência de problemas propostos tem importantes implicações em termos educacionais. Tal aprendizagem não corresponde de modo nenhum à compreensão do princípio de Arquimedes, que requer o domínio das operações formais, segundo Piaget (1975) e Shayer e Adey (1986). Contudo, é relevante que as crianças tenham sido capazes de fazer generalizações empíricas, partindo de apenas 10,3% de previsões correctas no primeiro problema. Este facto confirma as vantagens educacionais de se incluir nos currículos de Ciências, actividades, experiências e a abordagem de certos assuntos, como forma de iniciação a conceitos e princípios, cujas exigências cognitivas não estão ainda ao alcance das crianças. O desenvolvimento conceptual é um processo dinâmico e evolutivo, e as exigências cognitivas do último estágio de desenvolvimento de um conceito não deve constituir um pré-requisito para Bruner (1973), segundo o qual os temas são tratados por ciclos, progressivamente mais abrangentes, é uma perspectiva muito promissora quanto ao ensino das Ciências.
2. Para além das preferências quanto à aprendizagem, já referidas na revisão da literatura, pensamos poder acrescentar algumas sugestões de estratégias específicas no ensino-aprendizagem das Ciências, de que os sujeitos DC podem beneficiar.
 - 2.1. Levar os alunos à identificação exaustiva dos factores que aparentemente influenciam um determinado fenómeno e, seguidamente, passar à eliminação daqueles que não interferem, mediante a realização de experiências adequa-

das, por forma a ser revelada a informação essencial contida em diferentes contextos;

- 2.2. Treinar os alunos na consideração de toda a informação que está patente, quer na observação de um fenómeno, quer no enunciado de um problema. Trata-se de ajudar os alunos DC a suplantarem a sua tendência em se contentarem apenas com parte da informação e ainda a elevar-lhes o nível de atenção-concentração.
- 2.3. Incentivar os alunos a encontrarem várias vias de solução para um problema, realçar os diferentes caminhos percorridos por diferentes alunos, mostrar vias de solução alternativas às encontradas.
- 2.4. Utilizar factos contra-intuitivos, como forma de alertar os alunos para a falibilidade de juízos baseados em percepções sensoriais, que se opõem, por vezes, às decisões sustentadas pela lógica.
- 2.5. Incentivar nos alunos, o hábito de explicitarem os passos seguidos na estratégia utilizada para encontrar determinada solução para um problema. Deste modo poderá dar-se conta de insuficiências verificadas, ou poderá o professor alertá-lo para tais insuficiências, abrindo-se o caminho para uma reconsideração da solução encontrada.

À luz da definição de metacognição (Valente et al., 1989), não poderemos deixar de compreender nesse conceito os processos atrás referidos. O desenvolvimento da metacognição, enquanto capacidade de saber pensar, pela tomada de consciência dos processos mentais e controlo sobre os mesmos, poderá constituir um instrumento privilegiado de ajudar os alunos DC a ultrapassar as suas dificuldades específicas na aprendizagem das Ciências.

REFERÊNCIAS

- Anastasi, A. (1982). *Psicologia Diferencial*. Madrid: Aguilar.
- Anderson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: A common core to pupil preconceptions in science, *European Journal of Science Education* .V 8, 155-171.
- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro Interamericana.
- Bruner, J. (1966). *Uma Nova Teoria da Educação*. Rio de Janeiro: Edições Bloch.
- Cohen, R. (1969). Conceptual styles, culture conflict and nonverbal tests of intelligence. *American Anthropologist* . 71, 828-856.
- Coop, R.H. & Siegel, I.E. (1971). Cognitive style: Implications for learning and instruction. *Psychology in the School* , 8, 152-161.
- Driver, R. (1983). *The pupil as a Scientist?*. Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescence science students. *Studies in Science Education* . 5, 61-84.
- Erickson, G. L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*.

- 63(2), 221-230.
- Gilbert, J., Osborne, J. K. & Fensham, J. P. (1982). Children's science and its consequences for teaching *Science Education* . 66 (4): 623-633.
- Kogan, N. (1976). *Cognitive Styles in Infancy and Early Childhood*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kornbluth, J.A. & Sabban, Y. (1982). The effect of cognitive style and study method on mathematical achievement of disadvantaged students. *School Science and Mathematics* , 132-140.
- Kuerbis, J.P. (1987). *Learning Styles and Science Teaching* . NARST - Research Matters to the Science Teacher.
- Maddox, J. (1978), Physics: how blind lead blind alley. *Times Educational Supplement*. December, 1,11.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1975). *O Desenvolvimento das Quantidades Físicas na Criança* . Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Posner, J. G. et al. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* , 66 (2), 211-227.
- Sá, J. G. (1989). *Estilos Cognitivos, Concepções Intuitivas e Processos de Abordagem de Fenómenos Físicos* . Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Samers, B.N. (1982). *Cognitive Style and Motivation in Continuing Education Final Report* . Stanford: Cook and Company.
- Shade, B. (1982). Afro-American cognitive style: A variable in school success? *Review of Educational Research*. (2), 219-244.
- Shayer, M. & Adey, P. (1986). *La Ciencia de Enseñar Ciencias* . Madrid: Narcea.
- Strawitz, B. (1984). Cognitive style and acquisition and transfer of the ability to control variables. *Journal of Research in Science Teaching* , 21 (2), 133-141.
- Strawitz, B. (1984). Cognitive style and the effects of two instructional treatments on the acquisition and transfer of the ability to control variables: A longitudinal study. *Journal of Research in Science Teaching* , 21 (8), 833-844.
- Witkin, H. A., et al. (1971). *A Manual for the Embedded Figures Test* . Palo Alto, C.A: Consulting Psychology Press, Inc.
- Witkin, H. A., et al. (1974). *Psychological Differentiation-Studies of Development* . Polomac, Maryland: Lawrence Erlbaum Associates.
- Witkin, H. A., et al. (1977). Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research* , 47, 1-64.
- Valente, O., et al. (1989). Metacognição. *Revista de Educação*. 1 (3) 47-51.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*. 1, 205-221.

COGNITIVE STYLES, INTUITIVE CONCEPTIONS AND TEACHING/LEARNING OF NATURAL SCIENCES AT MIDDLE SCHOOL

Abstract - This article reports partially a study where cognitive style of Field Dependence and Independence (FDI) defined by Witkin and his collaborators is taken as the independent

variable, and pupils' learning level, when facing a series of problems/demonstrations related to the Archimedes principle, as well as pupils' school achievement in Natural Sciences are taken as dependent variables. Here are also reported the intuitive conceptions revealed by pupils when facing the formulated problems and demonstrations. The study led to the following conclusions: 1) The proposed problems have a contra-intuitive feature. The percentage of correct answers varies from 10,3% to 38%; 2) The same child may reveal different intuitive conceptions which depend on the problem perceptive configuration; 3) The FI pupils achieve a higher learning level, when facing a series of problems/demonstrations related to the Archimedes principle. The FD pupils are less efficient, and seem to be more confused and less developed in their arguments.

STYLES COGNITIFS, CONCEPTIONS INTUITIVES ET ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE DES SCIENCES NATURELLES AU NIVEAU DU DEUXIEME CYCLE DE L'ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

Résumé - Dans cet article nous faisons le rapport partiel d'une étude où le style cognitif Dépendance - Indépendance de Champ (DIC), défini par Witkin et ses collaborateurs, est pris en tant que variable indépendante. En ce qui concerne les variables dépendantes nous avons pris en considération celles qui suivent: a) le niveau d'apprentissage des élèves lorsqu'ils font face à une séquence de problèmes/démonstrations en relation avec le principe d'Archimedes et b) les résultats scolaires des élèves en Sciences Naturelles. Nous faisons le rapport des conceptions intuitives révélées par les élèves au moment de faire face aux problèmes formulés et à la réalisation des démonstrations. On vérifie que: 1) Les problèmes proposés révèlent un caractère contre-intuitif. Le pourcentage des réponses correctes varie de 10,3% à 38%; 2) Le même enfant peut révéler différentes conceptions intuitives qui dépendent de la configuration perceptive de le problème et 3) Les élèves "indépendants de champ" atteignent un niveau d'apprentissage plus élevé lorsqu'ils font face à une séquence de problèmes/démonstrations relatifs au principe d'Archimedes. Les élèves dépendants de champ se révèlent moins efficaces, plus confus et moins élaborés dans leur argumentation.

THE USE OF A COMPUTER-MICROWORLD AS A LEARNING ENVIRONMENT TO DEVELOP CONCEPTUAL CHANGE IN THE FIELD OF MECHANICS.

F. E. van 't Hul, P. L. Lijnse & A. Moes
Rijksuniversiteit Utrecht, The Netherlands

Abstract: International studies have revealed a clear picture of many conceptual problems pupils have in understanding physics, caused by existing lifeworld ideas. Strong examples of such ideas are found in the field of classical mechanics. A "microworld" has been developed based upon a theory of "conceptual change" by trying to arouse a conceptual conflict. In the present case this microworld deals with the principle of inertia in both a real and a frictionless world. We have found indications that the possibilities of microcomputers to simulate microworlds provide a useful mean of designing instruction that is effective in developing the necessary conceptual change.

The use of microcomputers in education is a much debated topic nowadays. Many people advocate the importance of microcomputers for future education, though at the same time it is well known that the quality of the available educational software is often rather disappointing, especially when we judge that software from a didactical point of view. Also our own experience in developing courseware for secondary and early tertiary physics education made us aware of the huge amount of time and creativity that is necessary for developing educational software. Even then the resulting program does not often lead towards a really worthwhile educational innovation.

This has made us conclude that the effort of developing educational software is worthwhile only if the program is dealing with topics that are really problematic in education, if the program uses the special possibilities of the computer and, finally, if the program-design is based on a proper educational theory. Such criteria not only enable a more balanced choice and design but also provide a perspective from which designs can be tried out and subsequently improved.

In the following, we describe how these criteria have been used in the development of a program that is teaching some basic principles of mechanics. This study can be classified as 'developmental research' i.e. we are not only interested in

the final product, but also in the development process, based upon try-outs in the classroom.

The use of microcomputers in dealing with fundamental conceptual problems in learning physics has been reported by several authors (DiSessa, 1982; Marx, 1984; Ogborn, 1984; Hartel, 1985). Most of them describe the use of computers to remediate alternative ideas in the field of mechanics. A promising start has been made in developing microworlds, in which new experiences are presented to the pupil, during an active computer game or simulation.

We too have chosen to design a simulation that should contribute to the teaching of concepts in mechanics like force, inertia and velocity. More extensive than in the quoted literature, an important objective was to test this simulation in real classroom-situations. The teaching and learning of the concepts just mentioned is indeed a fundamental educational problem as has been reported in many publications on pupils' alternative ideas (Viennot, 1979; Watts & Zylberstajn, 1981; Van Genderen, 1983; Driver 1984, 1988; Lie & Sjoberg, 1985). We use the term 'alternative ideas', instead of terms like 'preconceptions' or 'misconceptions', to indicate that these ideas in lifeworld situations indeed can offer a satisfactory alternative for physically correct descriptions. This also indicates a possible explanation for the persistency of these ideas during and after education. As a consequence the teaching of mechanics should not extend existing preconceptions but it should restructure these ideas.

Thus the objective of our study was to develop and test a simulation program on mechanics that would succeed in making pupils reflect upon their existing ideas and, if necessary, to change them.

In this article we describe a theoretical framework on which the development of the program was based. We also describe the research and development procedures, some characteristics of the final program and the classroom results and finally we make some concluding remarks.

Theoretical framework

Some alternative ideas in mechanics

International research has revealed a clear picture of the characteristics of conceptual problems pupils have in learning mechanics. Common features in pupils' intuitive ideas about aspects of motion have been summarized. These studies reveal the association many pupils have between force and motion (instead of the correct relation between force and acceleration, that is: change of motion) and between the direction of the applied force and the direction of motion. This kind of research has given us many examples which clearly show the persistency of these intuitive ideas and the importance of searching for methods to overcome them. The following alternative ideas about the concept of force are taken from a survey by Driver (1984).

1. Motion implies a force. There exists a strong, direct association between force and movement. If there is no force there will be no motion. If there is a force there is also motion.
2. A continuous force is required to maintain continuous motion. This is an extension of the previous idea. If a force stops 'working', motion stops as well.
3. The magnitude of the force goes with the magnitude of velocity. The greater the force, the greater the velocity and vice versa.
4. Motion takes place in the direction of the applied force.

We have to realize that it would be rather inconsiderate to call these rules wrong, because words like 'force' and 'velocity' do not yet have their physical meaning. The four rules describe a part of lifeworld mechanics and are based upon experiences in which friction plays an important but implicit role. Friction mostly is not experienced at all or it is experienced as a kind of resistance that has to be overcome. In any case, friction is normally not considered as a force that is opposing the movement, which is the correct physical concept. An obvious educational approach would be to use computer simulations. These simulations can offer pupils some new and possibly surprising experiences in a frictionless microworld. An important problem however is how to establish a clear relation between the strange microworld on the computer-screen and the real-life physical world in which they live. Conceptual development in the desired direction will not appear until experiences in the computer world lead to reflection on the other world, that is: reality.

A Conflict-strategy for conceptual change

Taking into account existing alternative ideas means that education should not merely introduce new concepts but should try to change existing concepts: *'Learning takes place, not so much through the taking in of new information or facts but through the organization and imaginative restructuring of experiences we already have.'* (Driver, 1984).

Among the perspectives on learning, the conditions for conceptual change formulated by Posner et. al. (1982) seem to be important. Based upon Piaget's concept of accommodation they introduce a strategy for a method that may lead to conceptual change. According to this strategy a pupil will not reject a concept until he feels enough dissatisfaction about. Moreover, a new concept will only be accepted when it is attractive enough (Licht, 1987). An important condition to achieve conceptual change is to make pupils aware of the existence of their alternative conceptions (i.a. by presenting 'exposing events' (Nussbaum & Novick, 1982)). After this is achieved, situations can be presented that lower the status of the alternative ideas. The concepts are confronted with 'discrepant' events. This may result in a cognitive conflict. As a result pupils may be more prepared to change their ideas towards the concepts of physics to be learned, provided that the status of these concepts is carefully developed. During the design of the program we have tried to follow this model as closely as possible.

Procedures of research and development

The objective of the computer program, developed in the framework of this study, was to help pupils make a start in the structuring of a network of correct physical relations like force, movement, velocity, friction, inertia and acceleration. In a simulation game that is the first part of the program, pupils go through surprising and exciting experiences. This is leading to reflection on their ideas about the previous mentioned concepts in the second part. The program should be used in the beginning of the fourth form of secondary education in physics, just before a formal introduction in dynamics.

The program was based on a simple idea of Marx (1984) and was further elaborated to fit the chosen strategy. The program has been developed and revised in five complete development cycles. Each version of the program was tested with pupils of a trial school in cooperation with their physics teacher. At school pupils worked together in couples in order to stimulate discussion. All conversations have been recorded on audio- or video-tape. All computerinteractions have been recorded by the computer itself. After the pupils had worked with the program, they were interviewed about their concepts of force and motion and about educational and technical aspects of the program.

The materials have been transposed to protocols, that have been analyzed to get a deeper insight in the apparition of conceptual problems and to trace progress in the learning process.

The problems we have encountered and the solutions and improvements made, together with the resulting effects in the learning process have also lead towards reflection upon the possible use of computers in education.

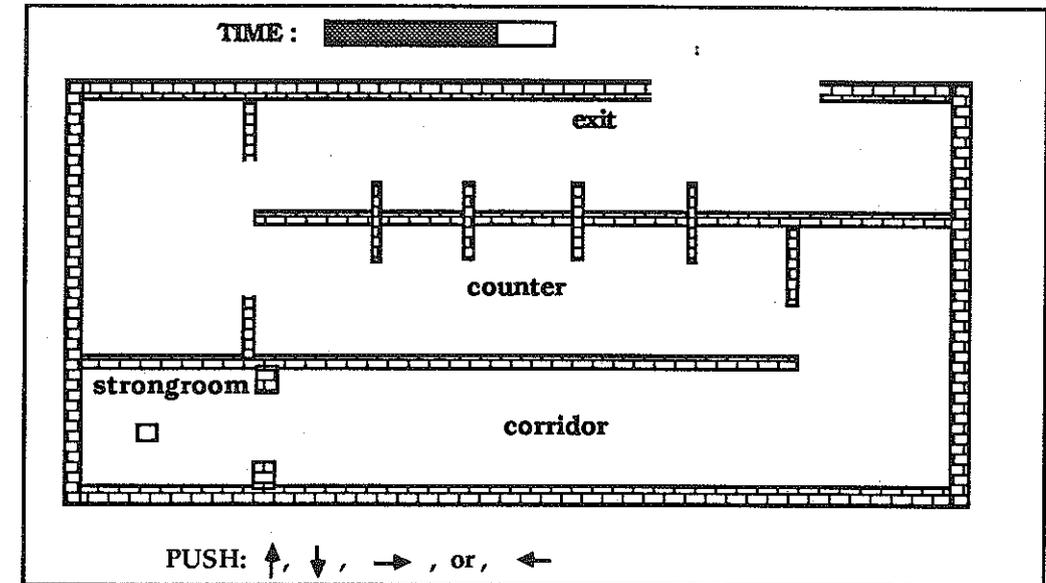
The final learning environment

In this section we describe the final program. We will show the role of the different parts in the planned teaching strategy.

The package 'The inert burglar' consists of a student's working book and a computer-program. To promote motivation and a feeling of involvement in the program, we have chosen a game situation. Pupils play the role of a burglar broken into a bank-building. The task is to steal the safe before the police arrive. The floor-plan of this situation has been drawn on the computer-screen (Figure 1).

Pupils have to move the safe through the labyrinth-like corridors of the bank. They can exert forces of equal magnitude on the safe by pressing the "arrow"keys of the computer keyboard. The safe obeys Newton's law: the acceleration is proportional to and in the direction of the exerted force. During the movement of the safe points are set on the screen, indicating the track of the safe so far. The distance between the points gives an indication of the velocity of the safe.

Figure 1 - Floor-plan of the bank-building.



The program has four parts:

Part A: Dragging the safe, a game with questions.

In this part of the program there is a strong friction between the safe and the floor. After a push the safe almost stops immediately with its movement. So a strong relationship between force and velocity seems to exist. This is in accordance with alternative ideas based upon everyday experiences.

After escaping the bank-building, pupils have to give their opinion about three rules concerning force and motion:

1. Only if you push (exert a force) the safe moves.
2. In order to keep the safe moving you have to stay pushing (stay exerting a force).
3. The safe only moves in the direction of the push.

These rules are in accordance with the ideas formulated in Driver's survey mentioned before. We expect that most of the pupils will agree with these three rules. Also a question is asked whether the same answers apply also in a frictionless situation.

The objective of this part of the program is to induce pupils' awareness of their ideas about force and motion. After this, the status of these ideas can be lowered in the following parts of the program.

Part B: Wheeling the safe, a game to practice.

Again pupils have to escape from the bank-building, but now the safe has been placed upon a trolley that is supposed to move without friction. At first the question is put if it is easier to escape in this situation. Most pupils think so, but the opposite is the case, because it is far more difficult to control the motion of the safe when it does not stop moving or even slow down by itself. This results in surprise and curiosity about the unexpected motion of the safe.

Part C: The confrontation between A and B. What exactly is the difference ?

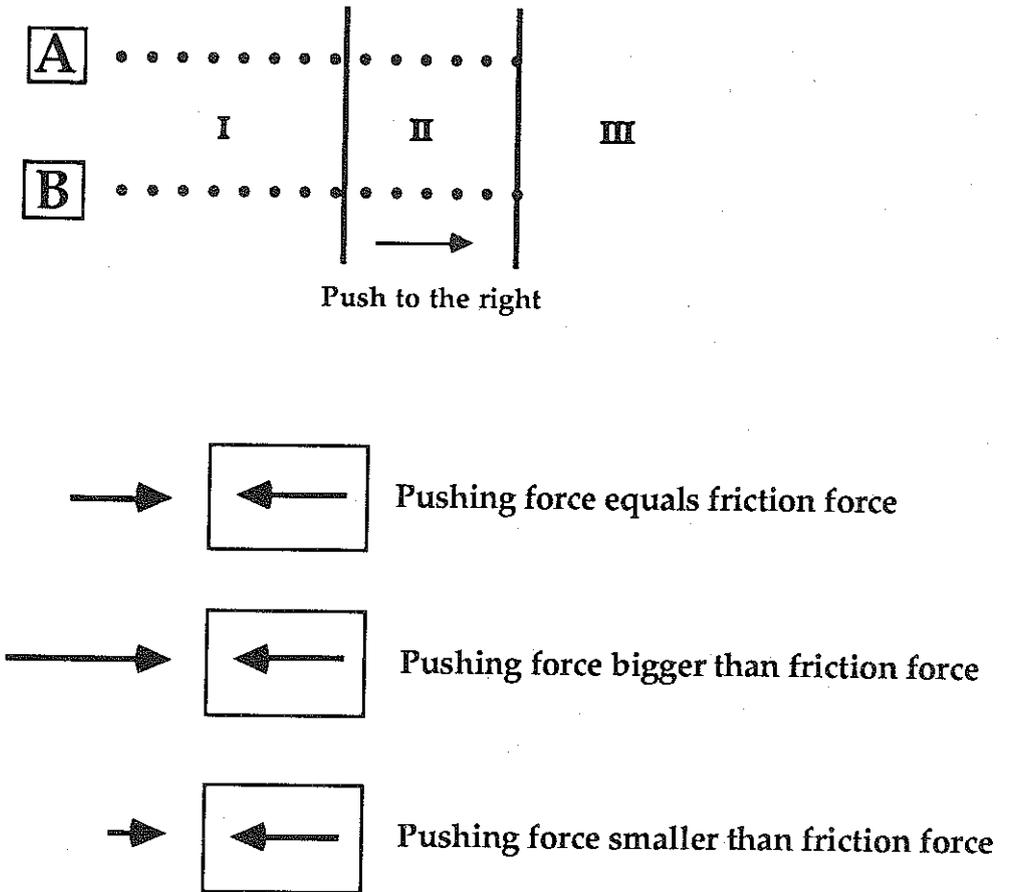
In this part both movements, with and without friction, are presented together on the computer-screen. With one key-press the same push can be exerted on both safes at the same time. Here the task is to try to move both safes around a corner. It does not take long to discover that this is impossible. After this confrontation of the different ways of conduct of the two safes, pupils have to state their opinion about the same rules as in part A. Then the program puts the fundamental question: 'Have you changed your opinion (about the three rules) or do just other rules apply in part B?' The objective is to let pupils conclude that their first self-evident answers do apparently not apply in all situations. This results in a feeling of conflict between physical rules.

Part D: The solution: Inertia, simulations to learn from.

In order to show pupils that the rules of part B can also describe the motion of part A, we focus upon the role of friction as a force. First they have to predict in several situations how a safe without friction (as in part B) will move. These predictions can be checked by simulation of the movement on the screen. After this a prediction has to be made about the forces acting upon a safe that moves with friction (as in part A) in such a way, that its movement is identical with the movement of a safe without friction (as in part B). Three possible answers are allowed (pushing force bigger/smaller than or equals friction force; see Figure 2).

Also these predictions can be checked with a computer-simulation. In this way it can be shown that both movements, with and without friction, can be described by the same theory, provided that a second force (friction) is introduced. The final objective of part D is to solve the conflict pupils should have, in accordance with the design of the program, after part B and C.

Figure 2 - Predictions of forces in a situation from part D.

**Classroom experiences**

In this section we describe our classroom experiences with the final version of the program. Special attention will be paid to the question if indeed a process of conceptual change can be said to take place.

Playing part A happens as we anticipated. It is very easy to escape out of the bank-building and almost everyone agrees with the stated rules.

In the beginning of part B pupils are very surprised: the safe stays moving and hits the wall. It is very difficult to steer around the corner without hitting the wall. Only after some attempts the notion arises that it may be necessary to 'put on the brakes'. This sometimes introduces a new surprise: 'Look, I push it back and it doesn't go back'

At first pupils are inclined to push back not before the safe reaches the corner.

This can be seen as a form of 'local reasoning' (Hewson, 1985a). It is an essential step in learning when they realize they have to anticipate upon the corner and have to use velocity as an important criterion.

Another interesting outcome of our observations is the change in words pupils use during the game. At first words like 'left, up, down' are used connected with keys on the computers' keyboard. Later on these changes to words like 'forward, brake, etc' and in words like 'acceleration and deceleration' which suggest a certain association of keys with physical meaning.

Also the progress in strategy is interesting. After they have learned to slow down, motion takes place 'at right angles'. Manipulating the safe this way takes more time than they are allowed (i.e. before they are arrested by the police), but pupils won't attempt to make smooth two-dimensional turnings unless the program gives them a hint that this may save time.

The crucial point is part C of the program. We have observed that almost every pupil gives an 'explanation' of the surprising events by a way of reasoning like: 'B just slips through' and 'A just stops'. Also in judging the rules in part B almost everyone correctly disagrees with these rules, but almost nobody has changed his opinion. Even stronger, all pupils say "There are 'just' other rules in part B than in part A". The following fragment of a protocol illustrates this point:

L1: "All wrong (about the rules in B). Well, in part A, what do we have there?"

L2: "All rules were right in part A."

L1: "Yes, have you changed your opinion?...No"

L2: "No, my opinion has not changed of course."

L1: "No, but here our opinion has changed"

L2: "Yes, it is different, but I have not changed my opinion, have I? Have I changed my opinion?"

L1: "Yes, but I have"

L2: "No, it is just different."

L1: "Yes, it is different, but I have not changed my opinion"

L2: "Isn't it nice, such a game?!"

We conclude that in part B and C pupils have many learning experiences but these experiences do not result in a change of opinion. Conflicts that arise are immediately explained at a level of common sense reasoning. There is no connection with or reflection on experiences and rules from part A.

Really conflicting situations do arise in part D during discussions about the predictions of the movement of the safes. Still many pupils say that the pushing force should be bigger than the frictional force in order to get a constant velocity. Gradually their answers improve during the course of part D, but it is too premature to attribute this to a process of conceptual change.

In the interviews after the program we presented pupils some new problems to find out whether any conceptual development had taken place that allowed a certain amount of transfer. Indeed many pupils showed an improvement in stating the relation between force and movement. 'Two balancing forces act on a car that moves

with a constant velocity: a forward directed force and a frictional force. If the forward-directed force was larger the car would accelerate' As such a statement is counterintuitive (in lifeworld terms) one may take this to be an indication that the program results in important learning effects indeed. Further research has to reveal how general and consistent these effects may be.

Concluding Remarks

During its development, the program has been tested several times. A first question that arises is, if the starting point we have chosen: to use the special possibilities computers offer, has shown worthwhile, especially with respect to the objective of pursuing conceptual development while taking into account pupils' alternative ideas.

We have done so by constructing a game-program about a 'realistic' situation in which essential experiences are presented to the pupils. These experiences should induce the desired conceptual change. A problem related to this kind of programs is its gamelike character. Pupils are very easily inclined to play it as a game only. As a consequence we have to make sure pupils reflect on what they do and experience, in order to make them switch over to thinking about the physics of the problem. This is not selfevident at all, as pupils are inclined to keep reasoning in lifeworld terms. This leads us to the question if some publications about the use of computer-games in education are not too optimistic about their learning-effects (Ogborn, 1984; Marx, 1984).

The cognitive conflict we tried to arouse took not place in the situation we expected. Most pupils do not feel the need of a general theory that can explain both motion with and without friction. According to them these merely are different situations, so it is quite right to explain them with different physical "laws".

In the final part of the program pairs of pupils had to predict the movement they expected, before they were allowed to use the simulations on the computer. During the sometimes exciting discussions that took place, we often observed a thorough reflection on their conceptual ideas.

Also we observed some "language conflicts", in situations where the program designer and the pupils clearly referred to different concepts, for instance when they use words like "force" and "arrows on the screen".

Another problem we encountered was the complexity of too many sources for different preconceptions in one program. So in future developments we will confine ourselves to single conceptual problems in a less complex microworld.

One essential result of these tests is the recognition that pupils hardly read written instructions on the computer screen. Therefore we introduced a workbook with reading texts and questions. In this way, we succeeded in making pupils both actively work with the computer and reflectively work with the workbook.

In general however we may conclude that a program of this type is promising in the sense that it seems to be possible to use a microcomputer for achieving conceptual change, provided that a theory-based program design can be developed. It seems sensible however to reduce size and complexity of the program and to make

it still more directly aimed upon a surprising simulation and more in accordance with normal teaching practice in the classroom. Especially the stage of reflection on alternative ideas and conceptual development thereafter is better done by the teacher in discussion with the pupils in the class.

REFERENCES

- Disessa, A. A. (1982). Unlearning aristotelian physics: A study of knowledge based learning. *Cognitive Science*, 6, 37ff.
- Driver, R. (1984). Cognitive psychology and pupils' frameworks in mechanics. in: Lijnse, P. L. (ed.). *The many faces of teaching and learning mechanics, GIREP'84 Mechanics*. 171-198.
- Driver, R. (1988). Changing conceptions. *Tijdschrift voor didactiek der 13-wetenschappen*, 6, 161-198.
- Genderen, D. van (1983). Kracht en tegenkracht, Actie en reactie. *Tijdschrift didactiek der natuurwetenschappen*, 1. 48-61.
- Gilbert, J.K., Watts, D.M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in science education*, 10, 61 - 98.
- Hartel, H. (1985). Computersimulation. *Physica Didactica*, 12, 19
- Hewson, P.W. (1985a). Diagnosis and remediation of an alternative conception of velocity using a microcomputer program. *Am. J. Phys.*, 53, 684-690
- Hewson, P.W. (1985b). Epistemological commitments in learning science: Examples from dynamics. *Eur. J. Sc. Ed.*, 7, 163-172
- Licht, P. (1987). Concept-verandering in constructivistisch onderwijs: op zoek naar een theoretisch fundament. *Tijdschrift didactiek der β -wetenschappen*, 5, 105-120
- Lie, S., Sjoberg, S., Ekeland, P. R. & Enge, M. (1985). Ideas in mechanics, a Norwegian Study. in: Lijnse, P. L. (ed.). *The many faces of teaching and learning mechanics, GIREP'84 Mechanics*. 255-276
- Marx, G. (1984). Games nature plays. Budapest: OOK.
- McDermot, L.C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 16, 24-32.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200
- Ogborn, J. (1984). World of Newton, computer program. England: Longman, Harlow.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a Theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Saltiel, E. & Viennot, L. (1984). What do we learn from similarities between historical ideas and the spontaneous reasoning of students. In: Lijnse, P. L. (ed.). *The many faces of teaching and learning mechanics, GIREP'84 Mechanics*.
- Viennot L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *Eur.J.Sci.Educ.* 1 (2), 205-222
- Watts, D. M. & Zylberstajn, A. (1981). A survey of some ideas about force. *Physics Education*, 16, 360-365

A UTILIZAÇÃO DE MICROMUNDOS INFORMÁTICOS COMO AMBIENTES PARA O DESENVOLVIMENTO DA MUDANÇA CONCEPTUAL NO DOMÍNIO DA MECÂNICA

Resumo - Estudos internacionais têm demonstrado claramente muitos dos problemas conceptuais que os estudantes têm na aprendizagem da Física, devido a ideias do mundo de todos os dias. Importantes exemplos dessas ideias encontram-se no campo da mecânica clássica. Desenvolveu-se um "micromundo" baseado na teoria da "mudança conceptual", tentando provocar o conflito cognitivo. No caso presente, o micromundo trata o princípio da inércia no mundo real e num mundo sem atrito. Obtivemos indicação de que a possibilidade de os microcomputadores estimularem micromundos constitui um meio útil na planificação de um ensino que seja eficaz no desenvolvimento da necessária mudança conceptual.

L'UTILISATION DE MICRO-MONDES INFORMATIQUES EN TANT QU'ENVIRONNEMENT POUR LE DEVELOPPEMENT DU CHANGEMENT CONCEPTUEL DANS LE DOMAINE DE LA MECANIQUE

Résumé - Des études internationales démontrent clairement les nombreux problèmes conceptuels que les étudiants ont au niveau de l'apprentissage de la Physique, à cause des idées du monde quotidien. Des exemples importants de ces idées se situent dans le domaine de la mécanique classique. On a développé un "micro-monde" basé sur la théorie du "changement conceptuel", en essayant de provoquer le conflit cognitif. Dans ce cas, le micro-monde traite le principe de l'inertie dans le monde réel et dans un monde sans frictions. On a obtenu l'indication que la possibilité que les micro-ordinateurs ont de stimuler des micro-mondes constitue un moyen utile pour la planification d'un enseignement qui soit efficace au niveau du développement du changement conceptuel nécessaire.

DA PROBLEMÁTICA DA REPRESENTAÇÃO AOS MODELOS EM CIÊNCIA

Duarte Costa Pereira

Universidade do Porto, Portugal

Resumo - Argumenta-se a favor da importância histórica que os modelos têm assumido no desenvolvimento da Ciência, particularmente quando a intuição é abandonada como única fonte de explicação, a favor da computabilidade. Entre todas as possíveis representações do conhecimento, as de tipo analógico, parecem ser as que melhor sustentam as Teorias da Ciência. A investigação empírica revela que a natureza dos modelos científicos é muito complexa, afastada de estruturas perceptuais e de mecanismos. Existem ainda fortes argumentos que sugerem que a melhor forma de promover eficazmente a génese do pensamento científico consiste numa estratégia que usa modelos com uma configuração intermédia entre a complexidade perceptual e a abstracção conceptual. Apresentam-se razões a favor da excelência destes modelos pedagógicos e da adequação do computador na sua implementação. Finalmente, é apresentada uma classificação relativa aos modelos pedagógicos de computador para o caso da Química e são exemplificados alguns deles.

Pretende-se fazer sobretudo neste artigo, uma apreciação crítica do papel dos modelos na Ciência e muito particularmente na Educação Científica actual.

Antes de mais, já que o vocábulo modelo (Rosado, 1986) é muitíssimo vago, convém precisar o seu significado, no âmbito deste artigo:

- **representação operacional (sobre a qual se pode actuar) e analógica (preservando a estrutura) de um fenómeno e que não precisa de ser exactamente uma réplica dele.**

Assim, por exemplo, um relógio é um modelo do movimento de rotação da terra (modelo externo) também se pode dizer que todo o professor possui um modelo (modelo mental) de uma sala de aula.

A simples imitação sem preservação das características estruturais nem manutenção da possibilidade de transformação, designa-se por **simulação** e distingue-se nitidamente da **modelagem**.

A tarefa que nos propomos é muito difícil pois começamos por enfrentar um aparente paradoxo:

- os modelos tais como eram entendidos pelo paradigma científico (Kuhn, 1970) anterior às revoluções relativista e quântica não são mais admitidos como válidos; no entanto, nunca se falou tanto como nos tempos que correm em modelos, tanto como instrumentos de progresso científico como no seu uso como auxiliares pedagógicos.

Tratar-se-á de outro tipo de modelos?

Sem dúvida. De facto, o princípio de "anschaulichkeit" (Calado, 1985), que preconizava a possibilidade da representação da realidade ser sensível aos mais ínfimos pormenores, foi completamente abandonado e substituído pelo princípio de incerteza, como abandonado foi também o princípio da causalidade, base do determinismo científico, que foi substituído por um estocastismo. Também além disso, como veremos, questões filosóficas levaram ao abandono do realismo e sua substituição por um instrumentalismo. Isto, no entanto, não fez abandonar os modelos, só fez com que o objectivo principal da modelagem científica deixasse de ser o ajustamento ao senso comum que continua a ser o objectivo da modelagem perceptual e passasse a ser a coerência com as teorias muitas vezes contra-intuitivas. No caso dos modelos educativos, como defenderei adiante, verificar-se-á um compromisso entre as duas tendências, incorporando-se alguns aspectos intuitivos, para facilitar a compreensão, entre os quais a própria causalidade.

Como se não bastassem as consequências da mudança do paradigma científico, o estatuto epistemológico dos modelos tem vindo também a ser afectado pelas recentes correntes de pensamento em Filosofia, Psicologia e Educação.

Com efeito, motivado em grande parte pela evolução científica, e após o falhanço rotundo do positivismo lógico (Wittgenstein, 1969), assiste-se em Filosofia a uma desvalorização da questão epistemológica, que tinha sido introduzida por Descartes como primordial no domínio da Filosofia das Ciências, evoluindo-se não só, como foi dito, para o abandono do realismo (Gilbert & Watts, 1983) em favor de um instrumentalismo, mas, muito principalmente, para uma ideia de verdade científica construída e convencionalizada (Habermas, 1987). Isto como que, ao negar a atingibilidade da verdade pela Ciência, implica que os modelos científicos sejam objecto de um contrato social: veridicção.

Por outro lado a Psicologia Cognitiva ao permitir a abertura da caixa preta do Behaviorismo e admitir a complexidade perceptual e conceptual, refuta o empirismo radical Baconiano e, sem cair num racionalismo estéril e solipsista, advoga para a génese do conhecimento uma posição construtivista (Carey, 1986) que coincide também com o que por vezes se chama paradigma das concepções alternativas da Educação (Driver, 1983) e que caracteriza a modelagem privada, primeiro perceptual e depois conceptual da realidade, com imensa importância na Educação Científica, já que esta tem como um dos grandes objectivos a convergência dos modelos privados dos aprendizes para os modelos públicos veredicionados.

Antes de tratarmos mais detalhadamente a caracterização dos modelos, vamos ver brevemente alguns dos aspectos mais importantes da questão da representação do conhecimento, sobre o que repousa a sua construção.

A questão da representação. Principais abordagens no âmbito da Inteligência Artificial e da Psicologia Cognitiva.

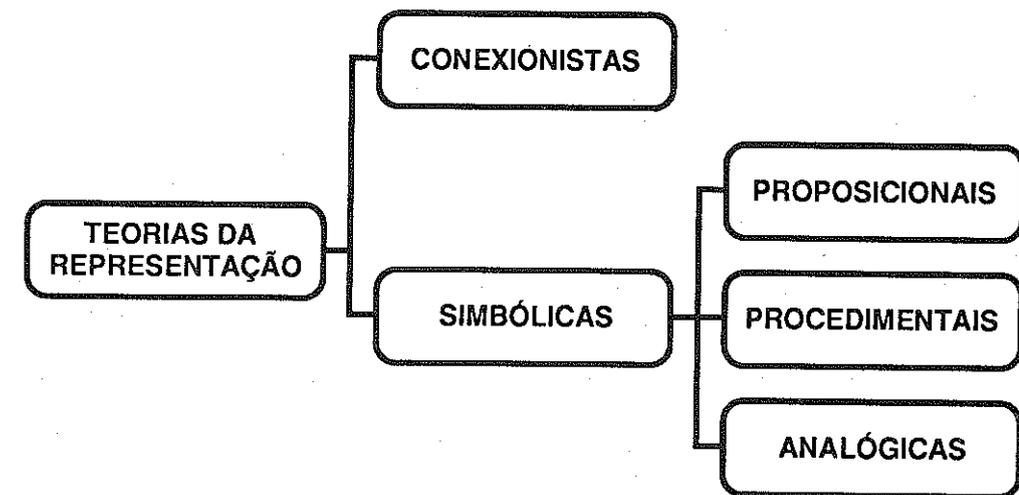
O problema da representação do conhecimento é um problema central, quer em Inteligência Artificial, quer em Psicologia Cognitiva e embora se possam encontrar

muitas distinções na sua abordagem há, de facto, muitos aspectos comuns que culminam na refutação do dualismo Cartesiano através da admissão do conceito de computação (Johnson Laird, 1988) que tem por base a teoria matemática da computabilidade, anterior ao aparecimento dos computadores digitais e que é sustentada, como posição chave, pela moderna Ciência Cognitiva. A principal distinção que existe entre os tratamentos nas duas disciplinas, é que a Psicologia se baseia numa teoria de correspondência da verdade, enquanto que a Inteligência Artificial opta por uma teoria de coerência. As principais controvérsias podem resumir-se (Anderson, 1983) num campo e noutro a:

- O que é uma representação?
- Deve ser analógica ou proposicional?
- Deve ser procedimental (de processo) ou declarativa (factual)?
- Será que coexistem vários tipos de representações na mente humana?

Representação é uma entidade que está em vez de outra (Brachman & Levesque, 1985). A Representação do Conhecimento, ocupa-se dos constructos mentais que estão em vez do mundo exterior ou que o *representam* e das regras da sua manipulação.

Fig. 1 - Classificação das Teorias da Representação



Estes constructos podem ser símbolos ou ligações conforme as Teorias de Representação sejam Simbólicas ou Conexionistas, devendo quer num caso quer noutro ser computáveis.

As teorias Conexionistas (Hinton & Anderson, 1981) têm vindo a aparecer recentemente, particularmente no campo da Psicologia, procurando emular as

verdadeiras ligações neurológicas, responsáveis pela aprendizagem, para tal baseando-se na ideia de processamento paralelo distribuído. Enquanto não se generalizar o uso de computadores com processamento paralelo e o custo das memórias não descer ainda algo mais, tais teorias estão limitadas, por causa da explosão combinatória a que dão origem, a fenómenos bastante restritos. Mesmo assim há a assinalar progressos notáveis como a modelagem eficiente das formas irregulares do passado dos verbos em inglês (Mc Clelland et al, 1986).

Para já a maior parte das teorias de representação são **Simbólicas** i.e. o conhecimento é representado por símbolos que podem posteriormente ser manipulados.

A natureza de tais símbolos é que varia de autor para autor, já que não existe nenhum paradigma unificado nem em Psicologia Cognitiva nem em Inteligência Artificial.

Ao procurar sistematizar a diversidade de teorias Simbólicas existentes, uma primeira possibilidade consiste em classificá-las em **holísticas ou globais e elementaristas ou atomísticas**. Outra também interessante é a da consideração de teorias centradas no **sujeito da representação** ou no seu **objecto**. Na literatura (Johnson Laird, 1983), a sistematização mais encontrada e que seguiremos, é, no entanto, a que considera a trilogia de representações: **proposicionais, procedimentais e analógicas**.

As **representações proposicionais** assumem que o conhecimento é representado por um conjunto de símbolos discreto ou proposições, correspondendo os conceitos a enunciados formais, envolvendo esses símbolos (conhecimento declarativo).

Nas **representações procedimentais** o conhecimento é representado em termos de processo activo ou procedimento.

Nas **representações analógicas** a correspondência entre os mundos (representado e representador) é tão directa quanto possível, usando-se tradicionalmente variáveis contínuas para representar conceitos contínuos no mundo real.

Note-se que muitos dos sistemas de representação são híbridos. Assim é que, por exemplo, em rigor, os sistemas de produção (Newell, 1973), tão importantes na construção de módulos de Inteligência Artificial, são, de facto, mistos entre proposições e procedimentos (as produções por que são constituídos não passam de pares ordenados de: condições (que são proposições) e acções (que são procedimentos); também os enquadramentos a que adiante nos referiremos como proposicionais são sistemas híbridos entre o proposicional e o analógico.

Por outro lado certos autores admitem constructos, como as séries temporais (Anderson, 1983) que não se enquadram em nenhum dos tipos precedentes.

Além disso existem teorias que envolvem todos os tipos de sistemas. Por exemplo, o ACT* (Anderson, 1983), para além das tais séries temporais, envolve proposições, imagens e regras de produção. Estas teorias podem designar-se por híbridas sendo aqui as diferentes formas de representação **cooperantes** (desempenhando um papel bem definido na manipulação umas das outras). Há também teorias (Johnson Laird, 1983) em que se admite um **hibridismo competitivo** (concorrência entre representações analógicas e proposicionais).

Apresentam-se no Quadro seguinte algumas das principais teorias de representação com relevo para as que privilegiam a correspondência (Psicologia) que são mais relevantes nas aplicações educativas.

Fig. 2 - Algumas Teorias da Representação

Proposicionais:

Lógica
Atributos Semânticos (Smith, Soben & Rips, 1974)
Redes Semânticas (Quillian, 1967)
Dependência Conceptual (Schank, 1974)
Esquemas e Enquadramentos (Minsky, 1975)

Procedimentais:

Sistemas de Produção
Sistemas Periciais
Sistemas Tutores Inteligentes

Analógicos

Sistemas baseados em imagens
(Shepard, 1982)
(Kosslyn, 1980)
Sistemas baseados em modelos
Modelos de situação (Kintsch, 1977)
Modelos internos (Collins & Brown, 1980)
Cenários (Sanford & Garrod, 1982)
Modelos mentais (Johnson Laird, 1983)

É este último autor cuja conceptualização seguiremos mais nos próximos capítulos por se revelar a mais adequada e fértil tanto na Ciência como na Educação Científica.

Os modelos como representações privilegiadas. Modelos perceptuais e modelos conceptuais.

Modelos como já se viu acima, são representações operacionais dos fenómenos, que não são exactamente réplicas superficiais destes, mas em que há uma semelhança de estrutura com o fenómeno modelado.

Embora, como se viu, não haja unanimidade sobre a questão da representação, em que a Educação se possa inspirar para modelar a aprendizagem, a posição mais fértil e exequível, deste ponto de vista é aquela que, (refutando as representações conexionistas (Hinton & Anderson, 1981) por inexecutáveis e as procedimentais pela evidência que existe (Johnson Laird, 1983), no campo da Psicologia, sobre o facto de os seres humanos não utilizarem regras como base das suas inferências), admite uma aprendizagem simultânea numa forma proposicional e analógica. Os sujeitos (Johnson

Laird, 1983) evocariam modelos mentais pré-existentes que iriam modificando em conformidade com as proposições processadas (nesta perspectiva, processar uma proposição é conhecer como seria o mundo se ela fosse verdadeira) e com as imagens também processadas (que são interpretadas como vistas, a partir de um ponto do modelo). Atingindo-se uma certa discrepância crítica entre a base proposicional e o modelo (que é aceite sempre provisoriamente como hipótese) este é abandonado e ou se recupera um modelo alternativo, ou se reverte para uma aprendizagem exclusivamente proposicional. Como as características mnésicas dos dois formatos de representação, são substancialmente diferentes (as representações proposicionais são rapidamente processadas e lentamente recuperadas exactamente ao contrário dos modelos difíceis de processar mas rapidamente recuperados) esta teoria é cientificamente boa, por ser refutável no sentido Popperiano (Popper, 1972).

Saliente-se o carácter de hipótese que os modelos mentais assumem a ser ou não confirmada por uma estratégia que depende do **estilo cognitivo** (Pask, 1972) dos sujeitos e que pode envolver a activação em paralelo de vários modelos, sucessivamente desconfirmados ou de um único modelo contrastante com a base proposicional. Isto está nitidamente de acordo com as posições construtivistas já referidas da Psicologia e da Educação.

De acordo com a teoria dos Modelos Mentais a representação do meio ambiente faz-se por modelos mentais do dia a dia que organizam os dados sensoriais e que estão em permanente actualização: são os chamados **modelos perceptuais**.

Por outro lado estes modelos servem de base para, através do processamento de proposições, de imagens ou por mecanismos de inferência, serem modificados em modelos, já muitas vezes longe da realidade perceptual que se designam por **modelos conceptuais**.

Há semelhanças (Gregory, 1981) entre as percepções e as concepções, nomeadamente o recurso à interpolação para suprir lacunas, à extrapolação para representar estados não sentidos e à criação de objectos nos espaços perceptual e conceptual, respectivamente. As principais diferenças (Gregory, 1981) entre as concepções e as percepções são:

- 1) As percepções são sempre feitas de um **ponto de vista**, enquanto que os conceitos têm um carácter **global**.
- 2) Os objectos da percepção são **instâncias** enquanto que os conceitos são **generalizações**.
- 3) As percepções limitam-se a objectos **concretos** enquanto que os conceitos são **abstractos**.
- 4) As percepções não são **explanativas** enquanto que a conceptualização o deve ser.

Os modelos como base da Ciência

Em Ciência costuma distinguir-se entre as **teorias** que são proposicionais e os **modelos** que são analógicos e que procuram tornar operacionais as teorias, quer operando a partir dos primeiros princípios (modelos *ab initio*) quer ainda a partir de simplificações justificadas sempre só pela complexidade dos problemas (modelos simplificados).

Esta distinção (Johnson Laird, 1983) entre **teoria** (proposicional e "imutável") e **modelo** (analógico e ajustável) é muito importante já que a evolução de modelos caracterizaria os períodos de Ciência normal (Kuhn, 1970), enquanto que a mudança de teorias caracterizaria os períodos de Ciência revolucionária.

O carácter hipotético e a possibilidade de serem manipulados dos modelos mentais a que nos referimos, e o carácter global, generalizante, abstracto e explanatório (particularmente este último) dos modelos conceptuais, torna-os nas representações privilegiadas pela Ciência.

O poder explanatório de tais modelos, não deve ser confundido com uma procura de intuição (a ideia de Ciência como senso comum organizado está ultrapassada), para o que geralmente a modelagem mental espontânea não é adequada e há que recorrer a **regras de modelagem** (Richmond, Peterson & Vescuso, 1987) que se desviam da modelagem espontânea (particularmente quando há a intervenção da variável tempo) e que têm que ser objecto de aprendizagem (veremos algo sobre isto mais adiante).

Tais modelos podem ser testados pelos resultados experimentais obtidos sendo as teorias em que se suportam refutadas ou aceites conforme estes testes. O grau de sofisticação destes modelos varia substancialmente, podendo quando estão implementados em computador a ponto de gerarem resultados fiáveis (não necessariamente válidos) dar origem ao que se designa por **experimentação numérica** e que é talvez a maior novidade metodológica na Ciência deste século (Madureira, 1984). Várias são as técnicas usadas para a implementação de modelos, entre elas:

- ajustamento a curvas teóricas de dados experimentais
- regressão linear múltipla
- utilização de métodos iterativos de resolução de equações diferenciais
- utilização de métodos estocásticos.

Também os modelos científicos exibem muitas vezes um **carácter modular**. No caso da Química - ciência Física com bases conceptuais na Mecânica Quântica e na Mecânica Estatística (Bent, 1965) - nos modelos completos deverão encontrar-se:

- 1) Um **módulo estrutural** envolvendo a descrição quântica do sistema em estudo.
- 2) Um **módulo estatístico**, gerador do comportamento aleatório do sistema (retrata o aspecto termodinâmico).
- 3) Um **módulo dinâmico**, simulador do tempo (que geralmente, a não ser para casos muito simples, não é introduzido (modelado) nem em 1 nem em 2) (retrata o aspecto cinético).

Note-se que estes modelos teóricos veredicionados pela Sociedade, por estarem de acordo com o paradigma vigente (Kuhn, 1970) (geralmente estabelecido numa forma proposicional), só têm valor se forem passíveis de refutação (Popper, 1972) e estão geralmente muito distanciados dos modelos perceptuais, sendo para a sua psicogénese preciso admitir uma actividade notável (objecto da educação científica). É esta última questão que procuraremos caracterizar agora.

Os modelos na educação científica como compromisso entre modelos conceptuais e perceptuais

Falou-se no afastamento dos modelos conceptuais dos perceptuais e da grande tarefa que representa a psicogénese dos modelos conceptuais para a Educação Científica. Esta tem vários outros objectivos (Ogborn, 1988) de que se desempenha razoavelmente bem, como sejam a condução da actividade experimental e a educação de atitudes. É estéril o debate sobre a prioridade dos objectivos em Educação Científica, mas o que é certo é que o mais difícil, geralmente reservado para o professor (quando este não tem também os seus deslizes (Costa Pereira & Ribeiro, 1989)) é o conseguir-se atingir o pensamento teórico a que de qualquer forma está subordinada (Einstein, 1920) a observação (nem racionalismo nem empirismo exagerado).

A solução para tal problema passa pela adopção de modelos pedagógicos que reflectam um compromisso entre os modelos perceptivos e os conceptuais, tendo tanto quanto possível, a intuitividade dos primeiros e o poder explanatório dos segundos. (Note-se que em termos do paradigma computacional (Johnson Laird, 1988), adoptado pela Ciência Cognitiva, os dois conceitos não se confundem, já que a explanação significa apenas computabilidade, i.e. possibilidade de descrição através de um programa). Como os modelos pedagógicos têm que ser simples, raramente podendo abarcar mais de um módulo dos respectivos modelos conceptuais, pode-se, por exemplo nas Ciências Físicas, falar em modelos estruturais, estatísticos e dinâmicos.

Para se conseguir a convergência da intuição com a explanação, poder-se-á recorrer a super simplificações ou mesmo a ideias intuitivas rejeitadas pela Ciência. Note-se que a transigência pode ir desde a adopção de caracterizações pictóricas fantasistas (caso dos modelos atómicos) até à admissão do deposto princípio de causalidade e consequentemente do determinismo, passando por quantizações ou tratamentos estatísticos simplificados, ou ainda pela simulação da dificilmente modelada dependência temporal.

Quanto ao papel do intuitivismo nos modelos pedagógicos basta, para uma cabal justificação, ir buscar o construtivismo Piagetiano (Piaget, 1950) consubstanciado nas ideias de assimilação acomodação e muito principalmente as ideias de Bruner (Bruner, 1968) quanto à necessidade do conhecimento passar pelas fases: activa (modelo perceptual), icónica (modelo pedagógico) e simbólica (modelo científico).

Relativamente à questão da explanação ou se fica pelo nível intuitivo, o que é geralmente suficiente para os modelos estruturais, ou se recorre a simulações do comportamento aleatório do sistema (modelos estatísticos) ou da passagem do tempo (modelos dinâmicos). O caso dos modelos dinâmicos (Richmond, Peterson & Vescuso, 1987) é muito mais delicado, em virtude de haver uma tendência, que tem que ser corrigida por técnicas adequadas de modelagem, para se ser assertivo em vez de explanativo. Estas correcções tenderiam, para além disso, a modelar o pensamento em termos de relações circulares de causalidade (em vez das mais usadas relações causais lineares) e ainda para, em vez de destacar factores causais independentes, os integrar numa teia de interdependência, devendo também, tanto quanto possível, explicar o

comportamento do sistema em função da sua estrutura interna e não de "forças" que lhe são exteriores. Todo este processo levaria a encarar o comportamento dinâmico dos sistemas numa perspectiva de prossecução de objectivos, perspectiva cujo valor universal como base do pensamento teórico ultrapassa, em muito, os limites da Educação em Ciência.

Em todos os casos, excepto talvez na modelagem estrutural, o computador como armazenador e manipulador de símbolos por excelência desempenha e desempenhará cada vez mais um papel fundamental, muito particularmente pela facilidade da implementação da iteração que é essencial para a prossecução de objectivos.

O caso da Química. Tipos de modelos. Dois exemplos.

Se quiséssemos fazer uma classificação dos modelos que nos aparecem como auxiliares de aprendizagem em Química (como de um modo geral nas outras Ciências Físicas) teríamos:

- 1) Modelos estruturais "naïves"
- 2) Modelos estatísticos ou estocásticos baseados numa mecânica quântica "naïve"
- 3) Modelos dinâmicos deterministas baseados em relações de causalidade impostas segundo regras de modelagem (ver 5) aos conceitos macroscópicos e que, simulando o tempo, modelam a dinâmica do sistema.

Entre os primeiros é de salientar o modelo de ligação localizada (duplete electrónico) de Lewis que ainda hoje é a base de toda a semiótica química (Costa Pereira, 1987). Pode pensar-se que isto não acontecerá por muito tempo já que a modelagem por computador permite uma muito melhor caracterização do estado das ligações, com caracterização dos sítios activos, geometria, etc., mas o que é certo é que ainda persiste.

Nos dois últimos casos é que o suporte do computador é muito importante (muito especialmente no último) já que a imprescindibilidade duma componente estatística e duma componente dinâmica no pensamento teórico, geralmente muito à base do estrutural (Costa Pereira, 1987), faz estes modelos e atrás deles os computadores tornarem-se imprescindíveis numa correcta perspectiva da Educação em Química. (Note-se que a componente estatística é baseada no comportamento aleatório da matéria e da energia, que o computador com tanta facilidade modela, enquanto que a componente dinâmica é simulada através de equações incrementais, facilmente tratáveis por computador através de um de vários métodos numéricos iterativos).

Para atingir estes objectivos de suporte de modelos (a modelagem em si é uma actividade mental) os computadores podem ser usados, de múltiplas maneiras (Ogborn, 1988), entre as quais:

A - Uso de um programa escrito em linguagem normal (Basic, Pascal,...) de computador, com mais ou menos gráficos e/ou animação, com um grau limitado de interactividade.

B - Idem mas recorrendo a linguagens especiais de modelagem, como o MODL.

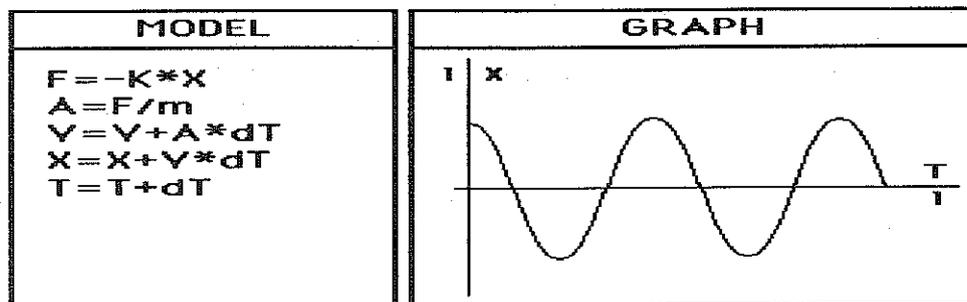
C - Utilização de uma folha de cálculo comercial (Fig. 3) em que se aproveitam os factos de as células serem calculadas sequencialmente e de haver possibilidade de iteração. Tal folha poderá estar associada a um programa de gráficos como acontece em muitos integrados.

Fig. 3 - Equilíbrio Processo de Haber

	A	B	C	D	E	F
1	Entalpy	92000				
2	Change	298		L	6.02E23	
3	Temp			k	1.38E23	
4				Lk	8.3076	
5			Standard	Standard	Partial	Further
6			entropy	entropy	pressure	entropy
7	Event	moles	per mole	change	atm	change
8	Lose N2	-1	191.4	-191.4	0.0153	-34.74
9	Lose H2	-3	130.6	-391.8	0.0458	-76.83
10	Gain NH3	2	192.5	385	0.9389	1.05
11	Standard state			Alter by:		
12	entropy change of chemicals			-198.2		-110.52
13	entropy change of surronds			308.72		
14	total change of entropy				total	
15	(standard state)			110.52	entropy	0.00
16				change		
17				equil. constant K		
18	Gibb's free		ln K			599560
19	energy change		LK ln K			13.30
20	(standard state)		LTK lnK			110.52
						32936

D - Utilização de uma aplicação de modelagem que não é mais do que um interpretador em Basic das equações incrementais do modelo ou então uma folha de cálculo com janelas denomináveis e adaptáveis à função que as variáveis que representam desempenham no sistema. Diferentes graus de sofisticação são conseguidos com um DMS (Fig. 4) com as suas três janelas para condições iniciais, equações do modelo e gráficos (do primeiro tipo) ou com o Cellular Modelling System (Fig. 5) ou o Stella (Fig. 10) (do segundo tipo).

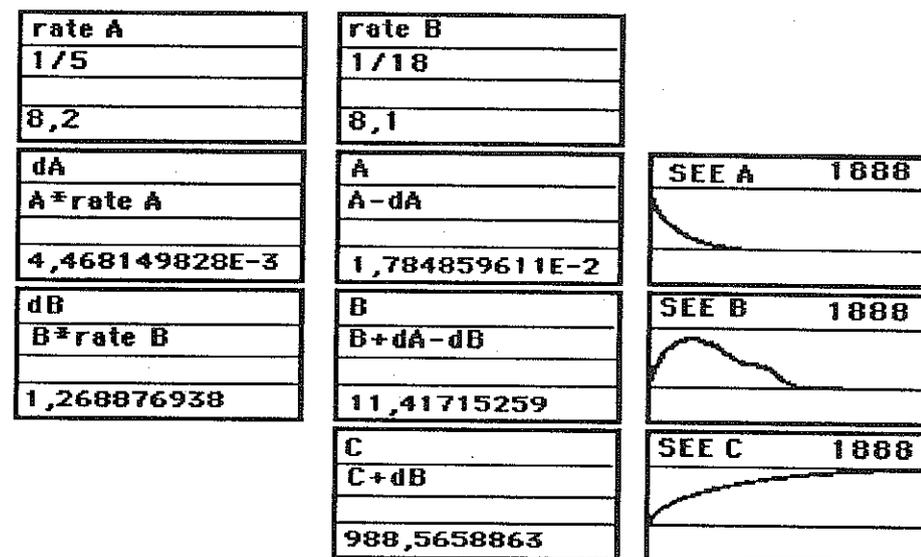
Fig. 4 - Dynamic Modelling System



Do ponto de vista educativo é também importante distinguir entre a simples utilização de um modelo criado por outrem e a criação dos próprios modelos.

Veremos, a terminar a exemplificação dum modelo estatístico ou estocástico implementado em Basic (A) e de um dinâmico ou determinístico em Stella (D, segundo tipo).

Fig. 5 - Cellular Modelling System



Um modelo estocástico

Este modelo tem por base uma simplificação que leva a considerar um sólido como um conjunto de osciladores harmónicos, independentes entre si que podem estar em estados energéticos correspondentes a 0 ou a um número inteiro dos mesmos quanta de energia. Uma concretização de tal modelo pode ser feita para o caso de 36 "átomos" por um tabuleiro como o da Fig. 6, em que os quanta são simbolizados por marcas e os "átomos" pelas casas.

As movimentações são feitas de acordo com os lançamentos de dois dados (um referindo-se ao nº da linha e outro à coluna). Começando-se por um estado inicial de um quantum por oscilador (Fig. 6A), ao fim de algum tempo atingem-se configurações mais prováveis (Fig. 6B), verificando-se que a probabilidade das configurações, embora se continuem a processar as transformações a nível atómico estabiliza razoavelmente (Fig. 7)

Verifica-se também ainda a tendência para a constância da razão - r - dos níveis de ocupação de estados quânticos sucessivos, o que na prática implica uma distribuição exponencial, podendo a razão da progressão, ou melhor o seu inverso ser tomado como uma medida da temperatura.

Tudo isto pode ser feito muito melhor usando um pequeno programa em computador (Fig. 8), que com a ajuda de alguns gráficos permite não só este exercício de baralhamento de quanta (quantum shuffling) como também a modelagem da mistura de sólidos de Einstein a temperaturas diferentes e a verificação do 2º Princípio da Termodinâmica (Fig. 9).

Fig. 6 - Modelo do sólido de Einstein para 36 osciladores

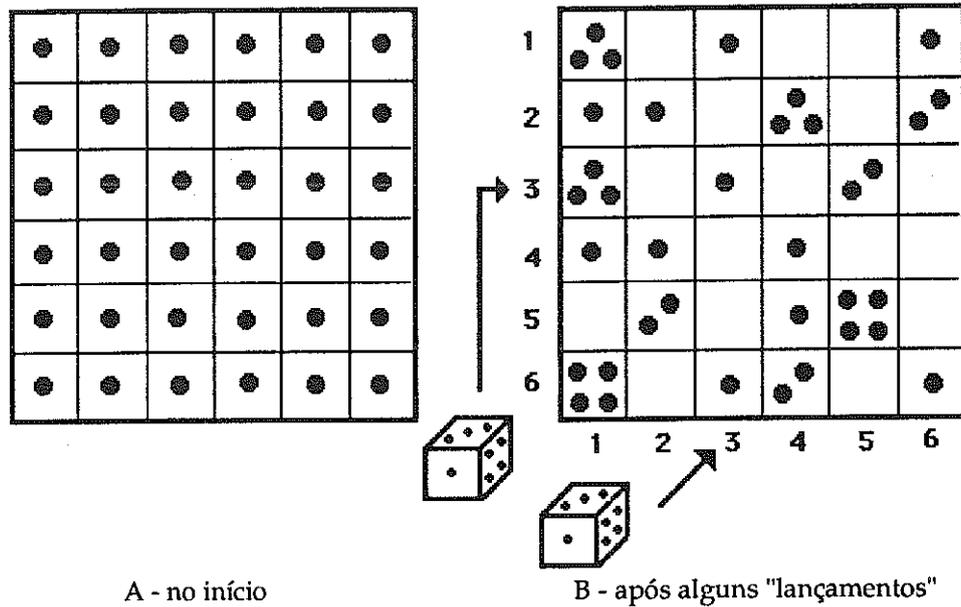


Fig. 7 - Evolução das configurações do sólido de Einstein

Número de lançamentos	n_0	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	W (Probabilidade)
5	5	26	5					6×10^{10}
10	7	22	7					1×10^{14}
20	13	12	9	2				2×10^{17}
30	17	8	5	6				3×10^{17}
40	16	11	2	7				1×10^{17}
50	17	11	3	2	2	1		1×10^{18}
60	16	13	2	2	2	1		4×10^{17}
70	20	8	2	2	2	2		2×10^{17}
80	18	10	2	3	2	1		7×10^{17}
90	20	8	3	1	1	3		1×10^{17}
100	19	9	3	2	1	1	1	7×10^{17}

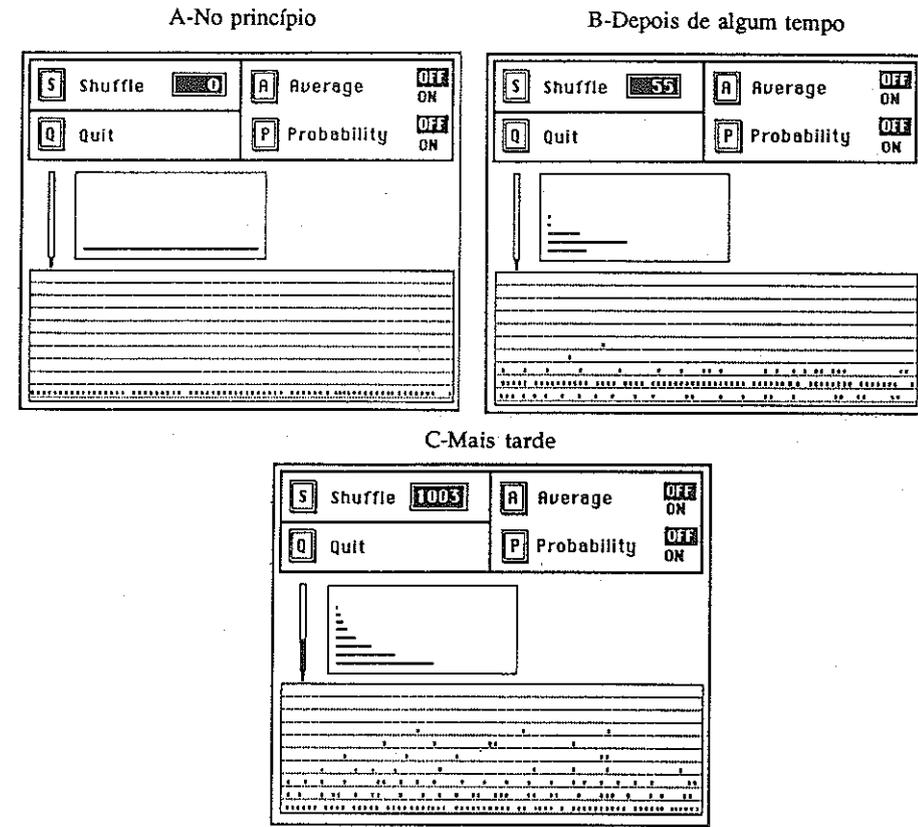


Fig.8 - Modelo do Sólido de Einstein Baralhamento de quanta em 200 partículas

A-Os dois corpos isolados B-Depois de postos em contacto

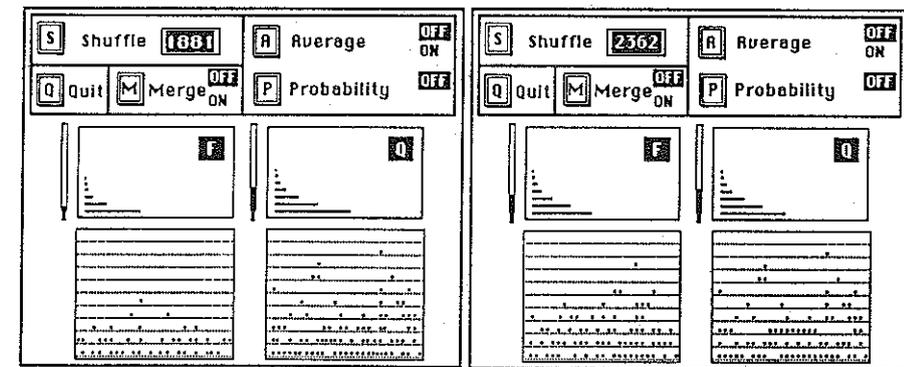


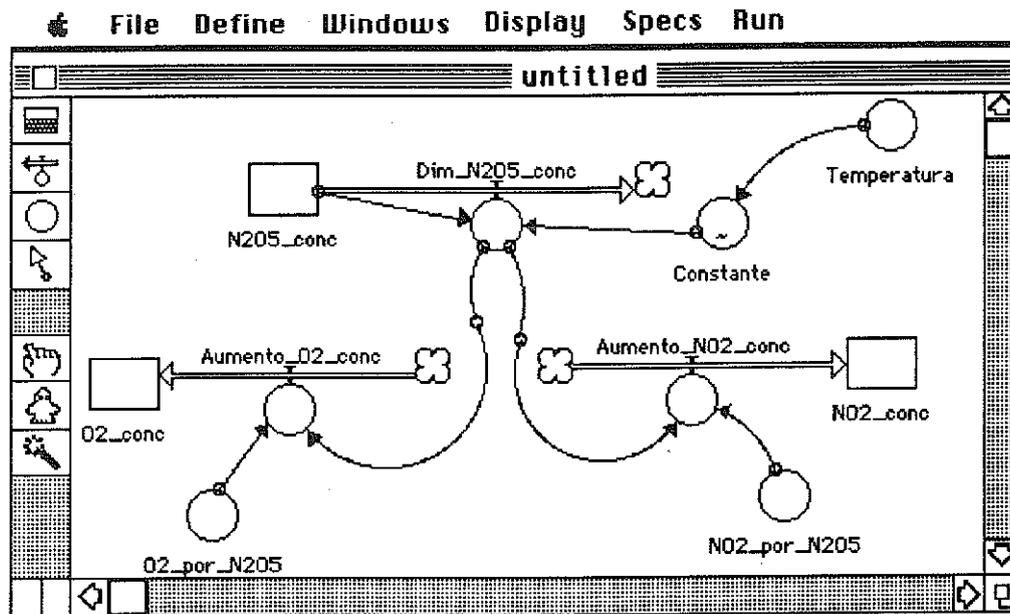
Fig.9- Modelo do sólido de Einstein Equilíbrio térmico

Um modelo determinístico

A aplicação STELLA, para o Macintosh, é um dos melhores e mais versáteis programas de modelagem dinâmica que existe comercialmente.

Baseada numa metodologia recentemente desenvolvida no M.I.T., chamada "System Dynamics" e aproveitando muito bem a interface do Macintosh, assenta no cálculo iterativo de equações incrementais relativas ao tempo, cuja variação é simulada. A ordem dos cálculos é determinada por um diagrama de fluxo (Fig.10).

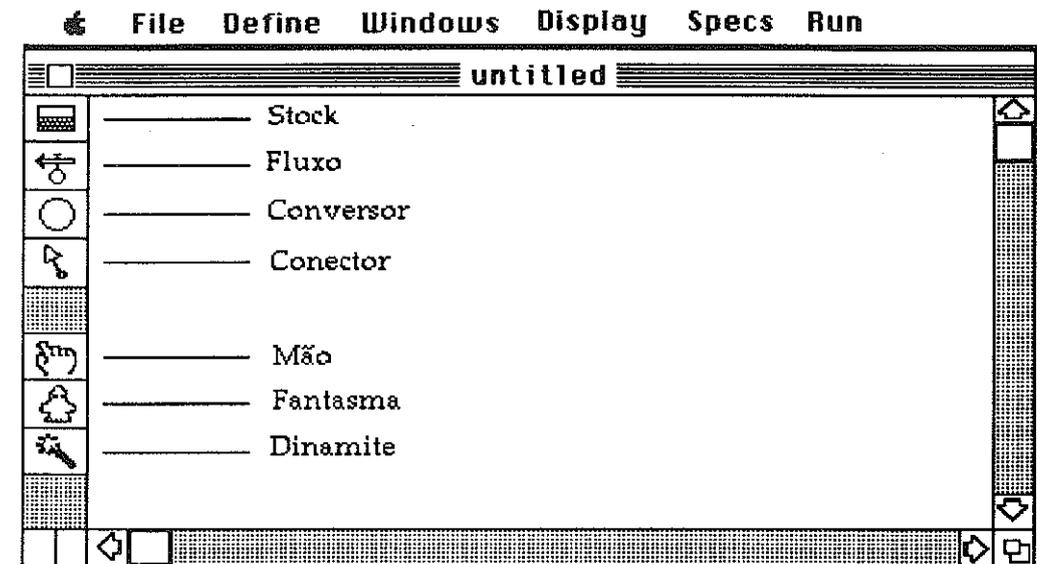
Fig. 10 - Diagrama STELLA do modelo de decomposição do N2O5



O presente diagrama diz respeito a uma reacção, praticamente completa de 1ª ordem, a decomposição do N2O5) entre os objectos programáveis, com o auxílio do instrumento representado pelo ícon "mão" ou alienáveis com o auxílio do instrumento representado pelo ícon da "dinamite" e que são (Fig. 11):

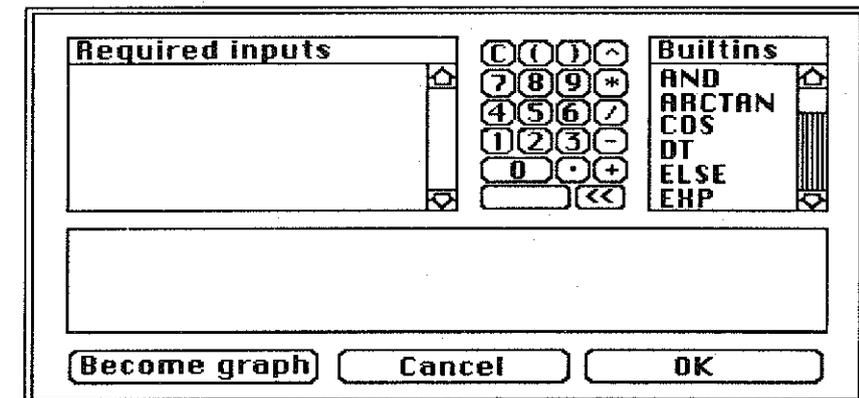
- variáveis de "stock" (neste caso as concentrações das espécies químicas em presença),
- variáveis de fluxo, que são os incrementos (positivos ou negativos) das variáveis de "stock",
- conversores, que estabelecem as relações existentes entre as várias variáveis-conectores, que ligam as variáveis entre as quais existe uma relação de causa e efeito, para além dos fluxos.
- núvens que significam as ligações ao exterior, ou as partes do sistema não explicitadas.

Fig. 11 - Objectos e instrumentos de programação do Stella



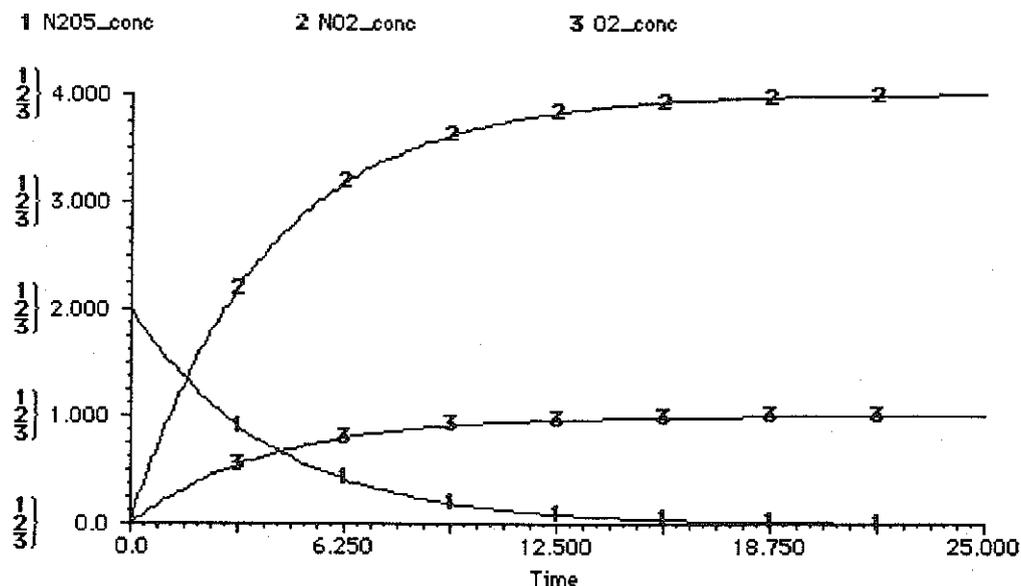
Stocks e conversores, são, de facto, janelas que correspondem a células de uma folha de cálculo, que podem ser abertas e aonde existe espaço para serem escritas as equações do modelo. No caso dos stocks figuram as equações que definem o valor inicial das variáveis. Nos conversores as equações incrementais definindo os fluxos são estabelecidas bem como outras relações, sob uma forma algébrica (Fig. 12) ou gráfica.

Fig. 12 - Uma janela correspondente a uma variável de stock



A simulação do tempo pode ser desencadeada a partir do Menu RUN, notando-se no diagrama o esvaziamento de alguns stocks e o enchimento de outros. Uma melhor maneira de seguir a simulação é através da opção gráficos (Fig. 10) do Menu Windows (Fig. 13).

Fig. 13 - Gráfico da variação temporal de algumas variáveis



Note-se por exemplo a influência da temperatura na velocidade da reacção, que pode ser simulada por alteração na janela respectiva do valor da temperatura. Este exemplo é um caso bastante simples, mas basta passar para um caso também simples duma reacção desta vez reversível, para ver que as coisas se complicam bastante (Fig. 14).

O valor educativo dos programas de modelagem dinâmica deste tipo, está em não só poderem esclarecer os casos concretos, sem recurso a interpretações microscópicas, como muito principalmente treinarem o pensamento teórico das questões dinâmicas, quer no esclarecimento da estrutura causal dos fenómenos, em unidades que se designam por ciclos causais fechados positivos ou negativos numa perspectiva de **prossecação de objectivos**, quer ainda no relacionamento destas estruturas (Richmond, Peterson & Vescuso, 1987), com os comportamentos dinâmicos típicos dos sistemas, como por exemplo: crescimento em S (Fig.15A e B), crescimento rápido e colapso (Fig.16A e B) e oscilação (Fig.17A e B).

Fig. 14 - Diagrama STELLA relativo à reacção $H_2 + I_2 = 2HI$

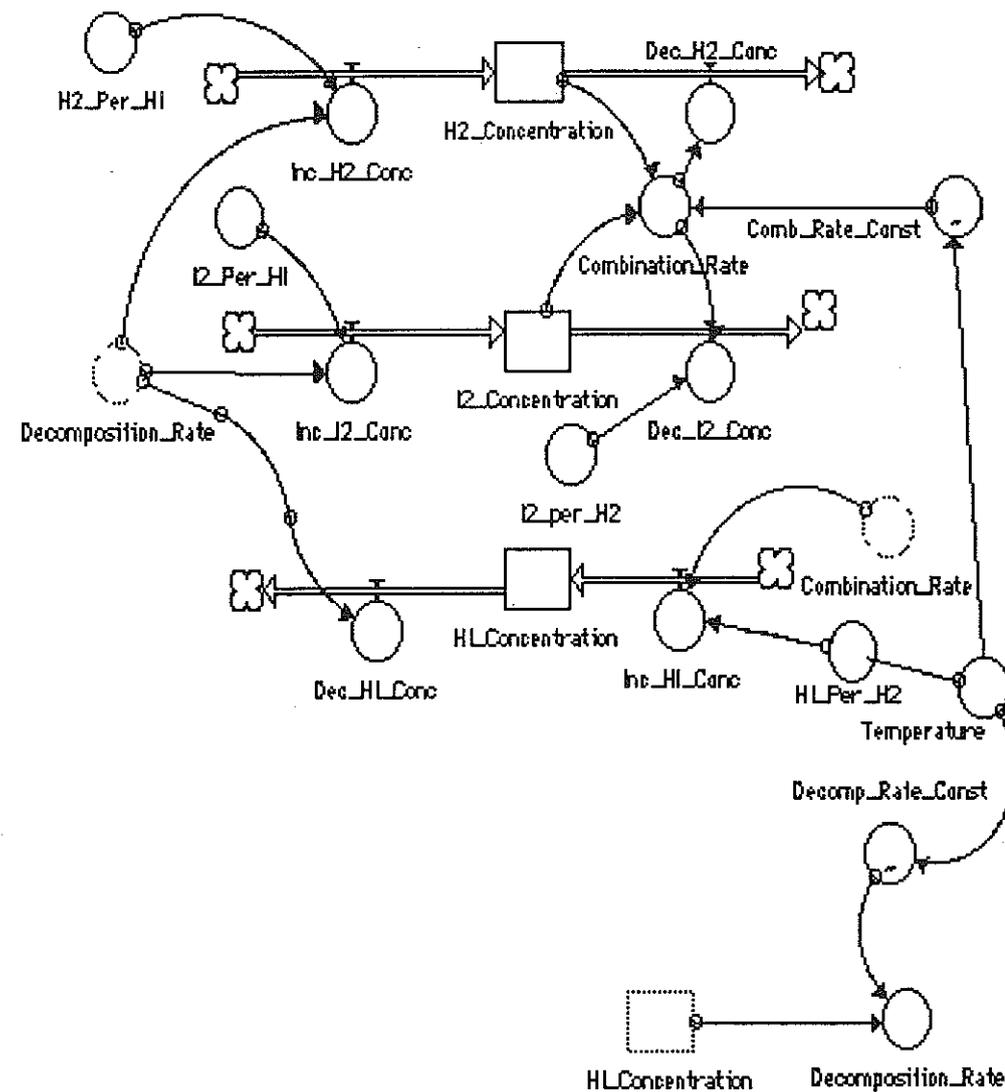


Fig. 15 - Estrutura de composição associada ao comportamento dinâmico de crescimento em S

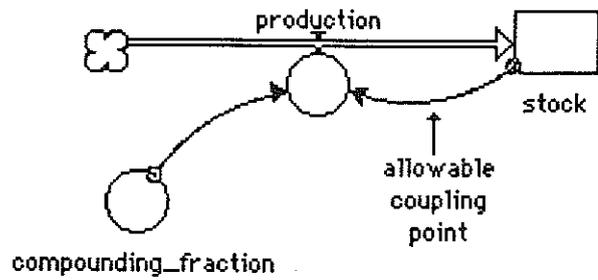


Fig. 15 A

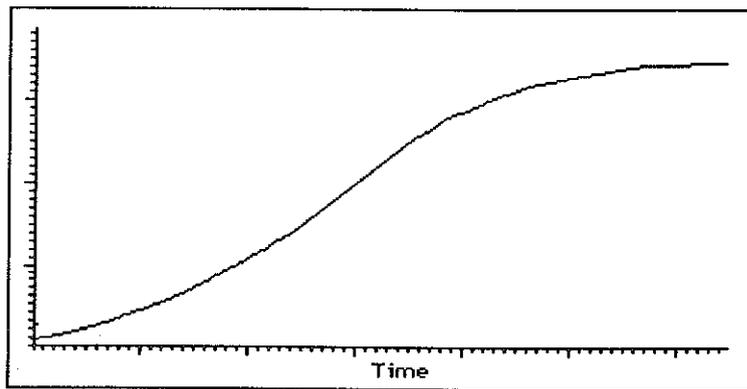


Fig. 15 B

Fig. 16 - Estrutura de drenagem associada ao comportamento dinâmico de crescimento rápido e colapso

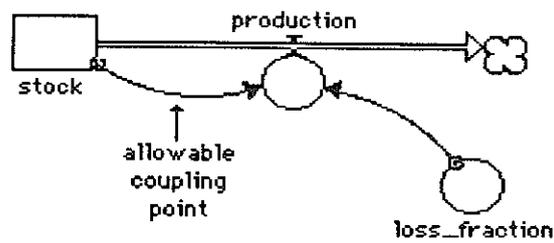


Fig. 16 A

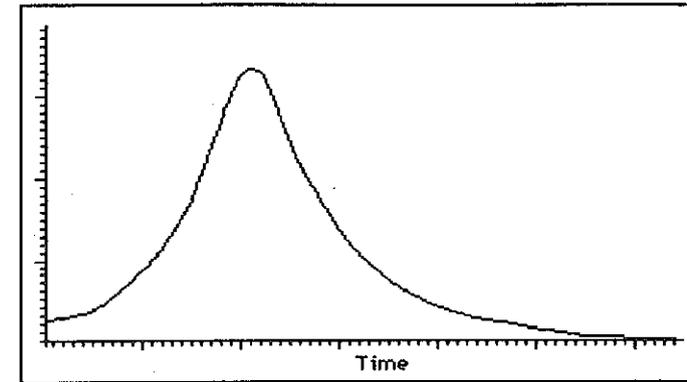


Fig. 16 B

Fig. 17 - Estrutura de co-fluxo associada ao comportamento dinâmico de oscilação.

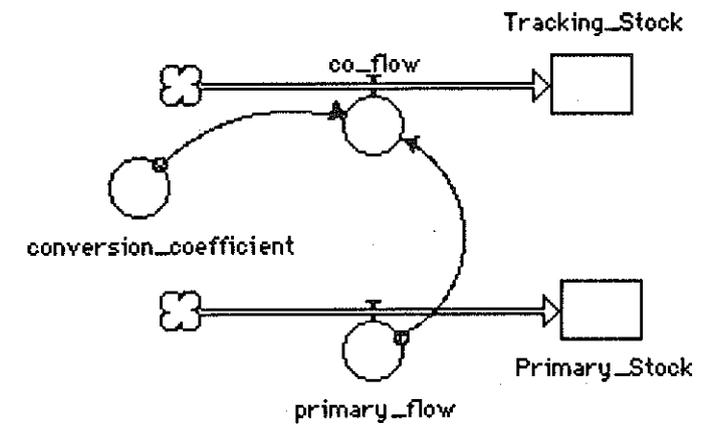


Fig. 17 A

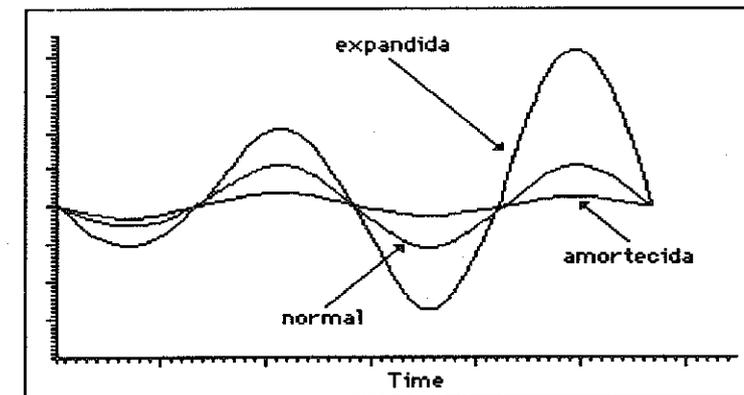


Fig. 17 B

Para além disso e acima de tudo importa frizar a verdadeira interdisciplinaridade dos comportamentos dinâmicos, que se aplicam indiferentemente às questões das Ciências sociais como das Ciências puras o que contribui, juntamente com a aproximação dos paradigmas (ambos estocásticos) de ambos os tipos de ciências (Vide Introdução) para a pacificação entre cientismos e racionalismos extremos e para que a Ciência desempenhe um papel de relevo na cultura que é inteiramente merecido mas de que anda há longo tempo arredada.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Ass.
- Bent, H. A. (1965). *The Second Law*. New York: Oxford University Press.
- Brachman, R. J. & Levesque H. J. (Eds) (1985). *Readings in Knowledge Representation*. Los Altos: Morgan Kaufmann Pub.
- Bruner, J. S. (1968). *Towards a Theory of Instruction*. New York: W. Norton & Comp.
- Calado, J. C. G. (1985). O Diálogo entre a Ordem e a Desordem. *Boletim da S.P.Q.*, 20 (II), 9-11.
- Carey, S. (1986). Cognitive Science and Education. *American Psychologist*, 41, 1123-1130.
- Collins A., Brown, J. S. & Larkin, K.M. (1980). Inference in Text Understanding. In Spiro, R. S. Bruce, B. C. & Brewer, W. F. (Eds) *Theoretical Issues in Reading Comprehension. Perspectives from Cognitive Psychology, Linguistics, Artificial Intelligence, and Education*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Costa Pereira, D. (1988). As Novas Tecnologias e o Ensino das Ciências. O Caso da Química. In Sequeira, M., Leite, L. & Freitas, M. . *Actas do I Encontro sobre Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho.
- Costa Pereira, D. & Ribeiro, M. (1989). Concepções Erradas sobre Energia, Entropia e Conceitos Afins em Alunos do Ensino Terciário. *Revista Portuguesa de Educação*, 2(3)
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist*. Milton Keynes: Open University.
- Einstein, A. (1983). *Relativity: The Special and General Theory. A Popular Exposition*. Londres.
- Gilbert, J. K. & Watts, D. M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gregory, R. L. (1981). *Mind in Science, a History of Explanations in Psychology and Physics*. Londres: Weidenfeld and Nicolson.
- Habermas, J. (1987). A Ideia da Universidade: Processos de Aprendizagem. *Revista de Educação*, 2 (1), 3-9.
- Herbenstreit, J. (1986). *L'usage des logiciels d'éducation*. Conferência Plenária na Universidade de Verão da CEE-Gent.
- Hinton, G. E. & Anderson J. A. (1981). *Parallel Models of Associative Memory*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1988). *The Computer and the Mind*, Cambridge Massachussets: Harvard University Press.
- Jurs, C. (1986). *Computer Software Applications in Chemistry*. New York: J. Wiley & Sons.

- Kelly, G. (1977). A Brief Introduction to Personal Construct Theory. In Bannister, D. (Ed). *Perspectives in Personal Construct Theory*. London: Academic Press
- Kintsch, W. (1977). *Memory and Cognition*. New York: Wiley.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and Mind*. Cambridge Massachussets: Harvey University Press.
- Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Madureira, C. (1984). *Introdução à Informática*. Porto: CIUP.
- Mc Clelland, J. L. (1986). *Rumelhart D. E. and the P.D.P. Research Group, Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition, Vol. 2: Psychological and Biological Models*. Cambridge Massachussets: MIT Press.
- Minsky, M. (1975). A Framework for Representing Knowledge. In Winston, P. H. (Ed). *The Psychology of Computer Vision*. New York: McGraw-Hill.
- Newell, A. (1973). Production Systems. In Chase, W. C. (Ed). *Visual Information Processing*. New York: Academic Press.
- Ogborn, J. (1988). The Nature of Science and its Implications in Science For All. In Sequeira, M., Leite, L. & Freitas, M. *Actas do I Encontro sobre Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho.
- Pask, G. (1972). Styles and Strategies of Learning. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 147-148.
- Piaget, J. (1950). *The Psychology of Intelligence*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Popper, K. (1972). *Conjectures and Refutations: the Growth of Scientific Knowledge*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Quillian, R. (1967). *Behavioral Science*, 12, 410 - 430.
- Richmond, B., Peterson, S. & Vescuso, P. (1987). *An Academic User's Guide to Stella High Performance Systems*. New Hampshire.
- Rosado, L. (1986). *Modelos en los Procesos de la Ciencia y su contrastación*. Madrid: UNED.
- Sanford, A. J. & Garrod, S. C. (1982). Towards a Psychological Model of Written Discourse Comprehension. In Le Ny, J. F. & Kintsch, W. (Eds). *Language and Comprehension*. Amsterdam: North-Holland.
- Schank, R. C. & Rieger III, C. J. (1974). Inference and the Computer Understanding of Natural Language. *Artificial Intelligence*, 5(4), 373 -412.
- Shepard, R. N. & Cooper, L.A. (1982). *Mental Images and their Transformations*. Cambridge Massachussets: MIT Press.
- Smith, A., Shoben, J. & Rips, L.J. (1974). Structure and Process in Semantic Memory: a Featural Model for Semantic Decisions. *Psychological Review*, 81, 214 - 241.
- Thomaz, M. F. (1987). Uma Perspectiva Construtivista para o Ensino da Física I - Psicologia da Construção Pessoal de George Kelly. *Gazeta da Física*, 10(4), 121 - 128.
- Wilson, S. (1986). *Chemistry by Computer*. New York: Plenum Press.
- Wittgenstein, L. (1969). *On Certainty*. Oxford: Blackwell.

THE ISSUE OF REPRESENTATION AND SCIENCE MODELS

Abstract - The paper argues that the historical importance models have had in the development of Science hasn't vanished, particularly when intuition is abandoned as the only source of explanation and computability is taken instead. From all possible representations of knowledge, the analogic ones seem to be the best supports for the Theories of Science .

Empirical research supports that the nature of scientific models is very complicated and removed from perceptual structure and mechanisms. Also, important arguments are analysed suggesting that the best way to effectively help the genesis of theoretical thought is by means of a strategy which models with an intermediate configuration between the perceptual complexity and the conceptual abstraction, that may be acted upon. Arguments are presented about the excellency of these pedagogical models and the suitability of computers for their implementation. Finally, a classification is presented for the pedagogical computer models in the case of Chemistry, and a few are exemplified.

DE LA PROBLEMATIQUE DE LA REPRESENTATION AUX MODELES EN SCIENCES

Résumé - Bien des arguments, concernant l'importance historique qu'assument les modèles dans le développement de la science particulièrement quand l'intuition est abandonnée en tant que source unique de l'explication, sont favorables à l'utilisation de l'ordinateur. Parmi toutes les représentations possibles de la connaissance, celles de type analogique semblent mieux soutenir les théories de la science. La recherche empirique révèle que la nature des modèles scientifiques est très complexe, éloignée de structures de perception et de mécanismes. Il y a encore des arguments solides qui suggèrent que la meilleure forme de promouvoir de façon efficace la genèse de la pensée scientifique consiste en une stratégie qui utilise des modèles ayant une configuration intermédiaire entre la complexité de perception et l'abstraction conceptuelle. On présente des raisons en faveur de l'excellence de ces modèles pédagogiques et de l'adéquation de l'ordinateur dans leur réalisation. Finalement on présente une classification relative aux modèles pédagogiques de l'ordinateur en ce qui concerne la chimie et on en a fourni aussi quelques exemples.

A INFORMÁTICA NA INTERFACE DA FORMAÇÃO PSICOLÓGICA COM A PRÁTICA PEDAGÓGICA

Manuel Joaquim Cuiça Sequeira
Universidade do Minho, Portugal

Resumo - À medida que os computadores se tornam mais pequenos, mais potentes e mais acessíveis às escolas, começam a surgir problemas entre a teoria e a prática. Primeiro, não existe consenso acerca dos objectivos para a introdução dos computadores nas escolas, porventura devido às suas inúmeras aplicações. Segundo, embora se tenha progredido consideravelmente no domínio da ciência cognitiva - área de estudo resultante da intersecção da linguística, inteligência artificial e psicologia - ainda não se conhece com rigor os efeitos educacionais do computador. Salienta-se que o desafio posto hoje à educação tem duas frentes: compreender o contributo que o computador pode dar ao processo educativo e decidir como utilizar melhor as suas potencialidades. Apresenta-se uma perspectiva construtivista da utilização do computador na sala de aula, segundo a qual não só se pode transformar a qualidade e a relação do professor-aluno, como também surge a oportunidade para desenvolver a interacção entre alunos, o que foi considerado como fundamental por Piaget. Termina-se com a discussão de algumas opções para programas de formação de professores em informática no ensino.

Não há dúvida que nos encontramos no meio de uma revolução na tecnologia da informação, cujo impacto no sistema educativo é imprevisível. A microelectrónica progride vertiginosamente, permitindo que o processamento da informação se faça cada vez mais rapidamente e que o equipamento se miniaturize, ao mesmo tempo que se torna mais barato. Para termos uma ideia deste progresso nas últimas duas décadas poderemos usar a analogia de Osborne (1979) e compará-lo à evolução dos meios de transporte nos últimos 100 anos, desde a diligência até ao supersónico Concorde. Enquanto a diligência transportava 5 pessoas a uma velocidade de cerca de 40 quilómetros por hora, o Concorde viaja a cerca de 2000 quilómetros por hora e transporta 200 passageiros. Contudo, se os meios de transporte se tivessem desenvolvido à semelhança do equipamento microelectrónico, o Concorde transportaria simultaneamente cerca de meio milhão de passageiros a uma velocidade de 32 milhões de quilómetros por hora e o preço de uma viagem no

Concorde seria inferior a 5 escudos.

À medida que os computadores se tornam mais pequenos, mais potentes e mais acessíveis às escolas, começam a surgir problemas entre a teoria e a prática. Primeiro, não existe consenso acerca dos objectivos para a introdução dos computadores nas escolas, porventura devido às suas inúmeras aplicações. Segundo, embora se tenha progredido consideravelmente no domínio da ciência cognitiva - área de estudo resultante da intersecção da linguística, inteligência artificial e psicologia - ainda não se conhece com rigor os efeitos educacionais do computador.

Vai sendo comum ouvir dizer-se que as escolas deveriam promover a alfabetização informática dos seus alunos e prepará-los para a era das tecnologias da informação. Contudo o conceito de alfabetização informática é vago. Daí que qualquer escola que queira introduzir a informática no ensino tenha de tomar uma decisão com implicações cognitivas. Que tipo de alfabetização informática queremos que os alunos atinjam? Deveremos ensinar os alunos, mesmo os mais pequenos, a programar? Os que defendem este objectivo argumentam que a aprendizagem da programação pode desenvolver o raciocínio lógico e a criatividade dos alunos. Outros entendem que a alfabetização informática para todos os alunos em programação não é necessária e não é mesmo viável. Para estes, a alternativa parece residir na implementação de programas assistidos ou geridos por computador (EAC ou EGC), através dos quais o computador fornece informação por meio de programas interactivos e regista o progresso contínuo dos alunos tendo em vista os objectivos curriculares. Os alunos e os professores apenas teriam de saber operar com o computador sem ter necessidade de saber como trabalha ou como é programado; especialistas em programação e nas várias áreas de ensino encarregar-se-iam de criar materiais de ensino, tal como hoje em dia acontece com os livros de texto, filmes educativos e outro material didáctico.

Entre estes dois extremos da alfabetização informática - conhecimento de programação e experiência com ensino assistido por computador - parecem existir situações de compromisso. Mas que critérios devemos utilizar para definir essas situações de compromisso? A resposta só poderá ser dada depois de considerarmos as consequências cognitivas para os alunos que recebem EAC ou ensino em programação.

O contributo do computador para o sistema educativo.

Há pelo menos duas maneiras de o computador contribuir para o sistema educativo: como instrumento auxiliar no ensino/aprendizagem na sala de aula e como ferramenta na investigação do conhecimento humano.

Com a explosão de informação que se tem verificado nas últimas décadas, é impossível transmitir aos alunos tudo o que precisam saber. O computador pode transformar-se em arquivo de informação, constituindo como que uma extensão da memória humana. A educação deverá preocupar-se mais com o desenvolvimento das capacidades de análise, síntese, raciocínio crítico e criativo, utilizando a informação armazenada e a tecnologia informática para resolver problemas. Isto só poderá conseguir-se se os educadores passarem a preocupar-se mais com o processo do que com o produto da aprendizagem. Embora ambos devam ser incluídos nos programas, deveria dar-se mais ênfase ao "como se aprende" do que ao "o que se tem de aprender".

O computador deve transformar-se numa ferramenta para facilitar o processo educativo e não um fim em si próprio. A interacção dinâmica entre as crianças e o computador durante o processo de aprendizagem dos conteúdos programáticos deverá permitir o desenvolvimento do raciocínio.

O desafio posto hoje à educação tem duas frentes: compreender o contributo que o computador pode dar ao processo educativo e decidir como utilizar melhor as suas potencialidades.

O contributo que o computador pode dar ao processo educativo terá de ser definido pelos educadores e não por especialistas do computador. São aqueles que através da sua formação psicológica e prática pedagógica poderão decidir a melhor maneira de integrar o computador na sala de aula. Não é nova a ideia de atribuir à educação o objectivo de desenvolver o raciocínio dos alunos e os educadores já conhecem, da investigação e teoria psicológica, qual o melhor ambiente em que as crianças desenvolvem o seu raciocínio. O que é necessário agora é que os educadores repensem o processo educativo com outra perspectiva em que intervem o computador. Contudo, o desenvolvimento do raciocínio e de determinadas capacidades não poderão ser atingidas apenas com a interacção aluno-computador. É imperativa a interacção entre pessoas. O melhor computador não terá qualquer efeito no processo educativo sem um professor capaz de estruturar, modelar, guiar e facilitar o processo cognitivo de acordo com as necessidades individuais. O computador pode aliviar o professor na tarefa de disseminar informação, permitindo que o aluno desenvolva capacidades com maior motivação e eficiência, ao mesmo tempo que se desenrola mais interacção professor-aluno no processo de raciocínio e resolução de problemas e menos no processo de aquisição de informação e prática.

Utilizar o computador apenas como ferramenta auxiliar do ensino, significa um aproveitamento pouco rentável das suas potencialidades. Além de libertar o professor e o aluno de algumas tarefas, o computador é um excelente meio para os alunos reflectirem e compreenderem o seu próprio raciocínio. É nos aspectos do desenvolvimento do raciocínio e resolução de problemas e no desenvolvimento do sentimento de competência e autonomia nas crianças que o computador parece oferecer as melhores promessas à educação. O computador poderá reduzir o intervalo entre a formação psicológica e a prática pedagógica, se os professores integrarem o computador no ensino de modo a facilitar a aprendizagem e o ensino.

Perspectiva construtivista da utilização do computador.

Um dos principais conceitos na teoria da aprendizagem de Piaget é o de *auto-regulação* que constitui o processo pelo qual o indivíduo forma ou adapta padrões de raciocínio e avança de um estágio de desenvolvimento intelectual para o seguinte. Cada estágio de desenvolvimento representa um estado de pensamento relativamente estável no qual o "feedback", derivado dos próprios pensamentos e acções do indivíduo, define os padrões de raciocínio característicos de cada estágio. Estes padrões formam um sistema interligado de conceitos e operações chamados estruturas mentais. Quando o indivíduo interpreta uma experiência nova fá-lo utilizando estruturas já existentes, isto é, assimila a nova informação. Por vezes

acontece que a assimilação tem sucesso, mas também pode acontecer que conduza a contradições que produzem um estado de pensamento instável. Então, as estruturas mentais têm de adaptar-se à nova informação, isto é, têm de acomodar-se. É este processo mental interno, pelo qual novas experiências se combinam com as estruturas existentes (*assimilação*) e gera novas operações lógicas (*acomodação*), que constitui o processo de *auto-regulação*.

A auto-regulação é um processo activo pelo qual o indivíduo procura novos padrões de raciocínio e novas relações para resolver as contradições que encontrou. Ao repetir-se este processo relativamente a cada padrão de raciocínio conduzirá eventualmente o indivíduo a um estágio de desenvolvimento mais elevado. A auto-regulação leva o aluno a analisar o problema, considerar soluções, avaliar os resultados, e a utilizar diferentes metodologias para resolver o problema.

A teoria de aprendizagem de Piaget em geral e o conceito de auto-regulação em especial são a base do *método de inquérito* utilizado no ensino das ciências e que é consistente com os objectivos do ensino das ciências, nomeadamente o desenvolvimento da capacidade de raciocínio, (Sequeira, 1983), a estrutura do conhecimento científico, a natureza do aluno e o processo de aprendizagem.

Um exemplo do método de inquérito é a metodologia de ensino desenvolvida por Karplus e outros, conhecida por *ciclo de aprendizagem*. Esta metodologia põe ênfase na exploração, invenção e descoberta activas. Consiste em três fases: *exploração, introdução do conceito e aplicação do conceito*. A primeira fase, *exploração*, leva os alunos a adquirir experiência com o ambiente. Interactua com os objectos e o ambiente com o mínimo de orientação. Como resultado, o aluno encontrará nova informação que provocará perguntas. Isto significa que o aluno não possui estruturas mentais disponíveis para assimilar a nova informação. Ocorre então um conflito cognitivo, isto é, produz-se um desequilíbrio cognitivo. Depois, em altura apropriada a determinar pelo professor, este introduzirá o novo conceito, o que significa, em termos piagetianos, facilitar a aplicação de novos padrões de raciocínio às experiências do aluno, de modo a ajudá-lo a restabelecer o seu equilíbrio cognitivo. A introdução do novo conceito (definição ou princípio relacionado com as actividades de exploração) pode ser feita por um livro, um filme ou o computador. Embora esta fase ajude a auto-regulação, o desequilíbrio cognitivo pode ainda persistir e nesse caso poderão ser necessárias novas experiências. A terceira e última fase do ciclo de aprendizagem (aplicação do conceito) destina-se a aplicar o novo conceito a novas situações e permite a clarificação, refinamento e generalização do conceito introduzido. O ciclo de aprendizagem contribui, portanto, com quatro factores importantes para a construção do conhecimento: experiência (*exploração*), transmissão social (*introdução do conceito*) e tempo e experiências adicionais para facilitar a auto-regulação (*aplicação do conceito*).

O papel do professor numa aula em que se pratica o método de inquérito não é somente o de transmitir os processos e os produtos da ciência, discutir temas científicos ou realizar experiências com os alunos. Deverá, sobretudo, estabelecer e manter um ambiente próprio de inquérito entre os alunos, fornecer tópicos para explorar, e sobretudo resistir à tentação de resolver os problemas aos alunos, ajudando-os apenas com indicações. O professor deverá ser um facilitador da aprendizagem.

Vários estudos evidenciam que esta metodologia de ensino facilita a formação de padrões de raciocínio, a nível concreto e formal (Karplus e Siegelman, 1966; Lawson, Blake e Nordland, 1975; Lawson e Wollman, 1976).

De acordo com o que já foi dito atrás sobre o mecanismo da aprendizagem e os estudos já realizados sobre o desenvolvimento do raciocínio podemos concluir que as crianças devem ter a oportunidade de resolver problemas, fazer perguntas e experimentar. As soluções devem ser activamente procuradas antes de qualquer verbalização. A possibilidade que uma criança tem de proceder assim com experiências concretas é grandemente aumentada através de simulações e experiências no computador. É essencial que estas experiências sejam programadas de acordo com o nível de desenvolvimento, o ritmo individual e as necessidades dos alunos. O computador permite individualizar o ensino como nunca foi possível e enquanto o aluno interactua com o computador o professor pode compreender melhor os erros do aluno, fazer perguntas, clarificar e facilitar a aprendizagem, em vez de ter de se preocupar apenas com a transmissão de conhecimentos. Nesta perspectiva, não só se transforma a qualidade e a relação professor-aluno, como também surge a oportunidade para desenvolver a interacção entre alunos, o que foi considerado como fundamental por Piaget. Ao interactuar com o computador e desenvolver as suas capacidades para resolver problemas, o aluno poderá reflectir nos seus processos e estratégias cognitivas e avaliar as suas ideias, ao mesmo tempo que aumenta a motivação para desenvolver novas capacidades e resolver novos problemas. Os erros cometidos não só podem ser corrigidos como fazem parte do próprio processo de aprendizagem e não contribuem para abalar a autoconfiança do aluno, quer esteja a programar, resolver um problema ou a processar um texto.

O ciclo de aprendizagem e o computador

Vejam os como as várias aplicações do computador no ensino poderiam ser integradas numa metodologia de ensino do tipo do ciclo de aprendizagem, atrás descrito.

- *Ensino Assistido por Computador (EAC)*. Utiliza os computadores como ferramentas para fornecer informação, por meio de programas interactivos, tais como: exercício/prática (*drill and practice*) ensino programado (*tutorials*) e simulações. Esta via, de características behavioristas, é a que tem menos potencialidades para promover o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Apenas os programas com simulação poderiam ser utilizados na fase de *aplicação do conceito*, já que permitem que os alunos experimentem acontecimentos da vida real que dificilmente se poderiam reproduzir na sala de aula.

- *Ensino Gerido por Computador (EGC)*. Esta via destina-se a registar o progresso dos alunos tendo em vista os objectivos curriculares. Dado que este tipo de aplicação do computador determina as necessidades educativas dos alunos em função dos objectivos curriculares, usa-se em avaliação periódica ou sumativa, e portanto contrária à filosofia do ciclo de aprendizagem e à perspectiva construtivista.

• *Gestão de Base de Dados com Computador (GBDC)*. Esta é a via mais promissora e que permite o envolvimento dos alunos em situações de resolução de problemas, de comunicação (processamento de texto), demonstração e informação (ficheiros, bancos de dados). Nesta modalidade, o computador pode ser utilizado como ferramenta de aprendizagem, ajudando os alunos a desenvolver as suas capacidades cognitivas. Em vez de o computador controlar os alunos, os alunos poderão controlar o computador.

Em resumo, o computador parece poder utilizar-se em todas as fases do ciclo de aprendizagem. Assim, na fase de exploração, os alunos poderiam actuar com o computador em situações de resolução de problemas propostos com o mínimo de orientação. Como resultado, o aluno encontrará nova informação que provocará perguntas, o que significa que se estabelece um conflito cognitivo. Depois, em altura apropriada a determinar pelo professor, este introduzirá o novo conceito com o auxílio do computador (ficheiros e bancos de dados), de modo a restabelecer o equilíbrio cognitivo do aluno. Na terceira e última fase do ciclo de aprendizagem (aplicação do conceito) os alunos poderiam interagir com o computador em situações de resolução de problemas, simulações e jogos educativos, de modo a aplicar o novo conceito a novas situações, permitindo a clarificação, refinamento e generalização do conceito. Assim, o computador contribui com quatro factores importantes para a construção do conhecimento: experiência (exploração), transmissão social (introdução do conceito) e tempo e experiências adicionais para facilitar a auto-regulação (aplicação do conceito).

Mas a qualidade do contributo do computador no ensino dependerá, em última análise, dos esforços comuns de educadores e criadores de software de qualidade, para reduzir o intervalo entre a investigação psicológica e a prática pedagógica.

Formação de professores

A formação dos professores relativamente ao uso dos computadores no ensino é a chave da motivação dos professores para integrar o computador no currículo e para disseminar nas escolas os conhecimentos adquiridos. Infelizmente parece existir uma tentação bastante forte por parte das escolas para gastarem todo o dinheiro em equipamento em detrimento da formação dos seus docentes. Daí resultam frequentemente dois desastres: a compra de equipamento barato que depressa se torna obsoleto e a negligência do aspecto formativo dos professores que constitui a base fundamental do processo.

Qualquer programa de formação no domínio da informática no ensino deveria ter como meta promover os professores a um nível de alfabetização informática que seja apropriado ao nível e ao curriculum que forem ensinar. Em resumo, um professor com formação em informática no ensino deveria ser capaz de:

- (1) Identificar os componentes principais de um computador;
- (2) Compreender como os computadores influenciaram a nossa sociedade no passado, como estão a influenciar o presente e como poderão influenciar no futuro;
- (3) Interagir com os computadores, utilizando, adaptando e avaliando o software

- educacional comercialmente disponível;
- (4) Ler e escrever programas simples para computador.

Cada vez surgem mais oportunidades para os professores que desejem adquirir formação no domínio da informática no ensino. Desde uma vasta bibliografia especializada até cursos organizados nas universidades, há várias opções para atender as necessidades dos professores.

Para os professores que não têm acesso a programas de formação a nível local, já existe software destinado não só ao ensino de como usar o computador mas também quanto à sua constituição. Este tipo de aprendizagem individual apresenta algumas desvantagens. Os manuais são frequentemente difíceis de usar, dificultando a aprendizagem e os professores dificilmente escolhem o software mais adequado.

As universidades já começaram a organizar, em colaboração com algumas escolas secundárias, alguns programas de formação de professores à escala nacional. É o caso do projecto Minerva que pretende envolver algumas centenas de escolas do Ensino Básico e Secundário e alguns milhares de professores, com o apoio das universidades de Coimbra, Minho, Porto, Aveiro, Lisboa e outras.

Outro projecto, relativo à formação de professores na área da informática no ensino é o mestrado em educação organizado pela Universidade do Minho. Este mestrado, tem a duração de quatro semestres. Durante os primeiros três semestres os alunos frequentam cursos e seminários em educação e informática no ensino, e no quarto semestre escrevem uma dissertação. Espera-se que esta via venha a ser a mais promissora no sentido de dar uma melhor e mais sólida formação aos professores e ao mesmo tempo possa servir de incentivo e meio para uma promoção na carreira académica.

REFERÊNCIAS

- Bitter, G. e Camuse, R. (1984) *Using a microcomputer in the classroom*. Reston, VA: Reston Publishing Company;
- Chambers, G. e Sprecher, J. (1983) *Computer-assisted instruction*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Chiappetta, E.L. (1976) A review of Piagetian studies relevant to science instruction at the secondary and college level. *Science Education*, 60 (2), 253-261.
- Karplus, R. et al. (1977). *Science teaching and the development of Reasoning*. Berkeley, CA: University of California.
- Karplus, R. e Siegelman (1966). *Systems feedback testing*. Berkeley, CA: University of California.
- Lawson, Blake e Nordland (1975). Training effects and generalization of the ability to control variables in high school biology students. *Science Education*, 59, 387-396.
- Lawson e Wollman (1976). Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning - An experiment. *Journal of Research in Science Teaching*, 13, 413-430.

- Osborne, A. (1979). *Running wild: the next industrial Revolution*. London: McGraw Hill.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms*. New York: Basic Books, Inc.
- Sequeira, M. (1981). Estudo de padrões de raciocínio em alunos portugueses: implicações para o currículo e ensino das ciências na escola secundária. *Revista Internacional de Aprendizagem/Desenvolvimento*, (3).
- Sequeira, M. (1983). *O desenvolvimento cognitivo como objectivo da educação*. Comunicação apresentada no 1º Encontro Nacional sobre Pedagogia e Objectivos, Lisboa.
- Sequeira, M. (1985). *Computers in Science teaching*. Comunicação apresentada no "5th International Seminar for Teacher Education", Universidade de Aveiro, 29 de Março a 4 de Abril.
- Sequeira, M. & Machado, A. (1985). *A Master's Program in Computer education for Science Teachers*. Comunicação apresentada na 10ª Conferência da Associação para a Formação de Professores na Europa (ATEE), Tilburg, Holanda, 2-6 de Setembro.
- Wilkinson, A. (1983). *Classroom computers and cognitive science*. London: Academic Press, Inc.

INFORMATICS IN THE INTERFACE BETWEEN PSYCHOLOGICAL TRAINING AND TEACHING PRACTICE

Abstract: As computers become smaller, more powerful and available to be used in schools, problems arise between theory and practice. The first reason is that there is no consensus on what should be the aims of the introduction of computers in schools, which is probably due to their multiple applications. Moreover, though there has been considerable progress within cognitive science - an area resulting from the intersection of linguistics, artificial intelligence and psychology - the educational effects of computers are not yet thoroughly known. Education today faces a double challenge: that of understanding the contribution the computer can bring to the educational process, and also that of deciding how to best take profit of it. This paper presents a constructivist perspective on the use of the computer in the classroom, one which allows a qualitative change in teacher-student relationships to take place, also providing opportunities for the development of interaction among the students, a fundamental aspect to be considered according to Piaget. The paper ends with a discussion of alternative options for teacher training programs within the area of informatics in teaching.

L'INFORMATIQUE DANS L'INTERFACE DE LA FORMATION PSYCHOLOGIQUE AVEC LA PRATIQUE PEDAGOGIQUE

Résumé - A mesure que les ordinateurs deviennent plus petits, présentent plus de puissance et sont plus accessibles aux écoles, des problèmes entre la théorie et la pratique commencent à surgir. Tout d'abord, il n'y a pas de consensus sur les objectifs pour l'introduction des ordinateurs dans les écoles, peut-être à cause de ses nombreuses applications. Ensuite, malgré les grands progrès qui se sont vérifiés dans ce domaine de la science cognitive, domaine d'étude résultant de l'intersection de la linguistique, de l'intelligence artificielle et de la psychologie - on ne connaît pas encore rigoureusement les effets de l'ordinateur en éducation. Il faut attirer

l'attention sur le fait qu'il existe aujourd'hui un déficit en éducation qui se déploie sur deux fronts: comprendre la contribution que l'ordinateur peut fournir au processus éducatif et décider de la façon selon laquelle il faut utiliser le mieux ses potentialités. On présente une perspective constructiviste de l'utilisation de l'ordinateur dans la salle de classe, dans la perspective qu'on ne peut pas transformer la qualité et la relation du professeur-élève, et que l'opportunité de développer l'interaction entre élèves y surgit, ce qui a été considéré comme fondamental par Piaget. On termine par la discussion de quelques options pour les programmes de formation de professeurs concernant l'informatique dans l'enseignement.

OS "MAPAS DE CONCEITOS" E O ENSINO-APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

Manuel Sequeira e Mário Freitas
Universidade do Minho, Portugal

Resumo - De entre as numerosas técnicas, utilizadas tanto na identificação e caracterização das estruturas conceptuais individuais, como na formação da sua reorganização, destaca-se a elaboração de mapas de conceitos. Neste trabalho pretende-se fazer uma revisão crítica dos problemas teóricos e metodológicos que esta técnica levanta, com vista a retirar algumas conclusões sobre a sua importância no ensino-aprendizagem das ciências. Os autores concluem que, apesar de alguns problemas levantados na sua utilização e de algumas potencialidades indicadas não estarem totalmente confirmadas, o uso frequente de mapas de conceitos permite a identificação de estruturas conceptuais dos estudantes, possibilitando ao professor intervir na sua reorganização e ampliação, ajudando no estabelecimento de ligações entre o novo conhecimento e o já existente.

A compreensão e explicação dos fenómenos naturais é um dos grandes objectivos da Ciência. Para tal, o homem vai inventando ideias - conceitos, princípios e teorias - que, embora baseadas na observação de grande número de factos, não tem qualquer existência real (Kelly, 1963; Klausmeier, 1977 e 1980; Ausubel, Novak e Hanesian, 1980). Tais ideias inventadas servem, por sua, vez, de modelos e "paradigmas" (Kuhn, 1972) para a interpretação de novos fenómenos até que outras mais globais, coerentes e eficazes acabem por as vir substituir cumprindo, em qualquer caso, a mesma função.

Os conceitos e teorias, enquanto ideias inventadas para explicar a realidade parecem, contudo, não ser um resultado exclusivo da actividade dos cientistas (Kelly, 1963; Ross, 1983). Numerosas evidências empíricas extensamente revistas por vários investigadores (Driver e Erickson, 1983; Gilbert e Watts, 1983; Helm e Novak, 1983; Pfund e Duit, 1985; Driver, Guesne e Tiberghien, 1985) têm demonstrado que as crianças, desde a mais tenra idade e ainda antes de qualquer educação escolar formal, constroem acerca do mundo e dos fenómenos naturais crenças e expectativas que, embora diferindo muito das explicações dos cientistas, têm em comum com elas duas

importantes características: a) são invenções da mente; e b) visam explicar e prever os mais diversos fenómenos, possibilitando, sempre que necessário, a acção.

O ensino/aprendizagem das ciências não se resume, pois, como o defendiam certas posições empiristas, a inscrever num cérebro em branco ("tabula rasa") os produtos do conhecimento acumulado pela humanidade até dada fase do seu desenvolvimento. Pelo contrário, aprender ciência, é um processo de activa construção cognitiva, em que o que já se sabe é tão ou mais importante do que o que de novo é descoberto ou transmitido. Estudar e conhecer a estrutura cognitiva dos alunos e intervir na sua reorganização é pois um objectivo da maior importância que, como tal, tem sido alvo de numerosos estudos.

Trata-se, em primeiro lugar, de procurar compreender como se processa a aprendizagem para, em seguida, utilizar esse conhecimento como instrumento de um mais eficaz ensino/aprendizagem na sala de aula.

De entre as numerosas técnicas, utilizadas tanto na identificação e caracterização das estruturas conceptuais individuais, como na promoção da sua reorganização destaca-se a elaboração de mapas de conceitos ("concept mapping") e mapas proposicionais (Novak, 1980; Stewart, 1980; Champagne, Klopfer, Desena e Squires, 1981; Fensham, Garrard & West, 1982).

Nesta comunicação pretende-se fazer uma revisão crítica dos prolemas teóricos e metodológicos que tal técnica levanta, com vista a retirar algumas conclusões sobre a sua importância no ensino/aprendizagem das ciências. Para tal, basearam-se os autores não só numa análise da literatura publicada sobre o assunto mas também em conclusões preliminares do trabalho de investigação que vêm realizando na Universidade do Minho.

Começando por uma breve análise dos princípios teóricos em que a técnica se baseia, são postas em confronto diferentes concepções da estrutura cognitiva discutindo-se a possibilidade de os mapas de conceitos a poderem cabalmente representar. São ainda feitas algumas sugestões quanto às potencialidades da sua utilização bem como tiradas algumas conclusões gerais e sugeridos caminhos para investigações suplementares.

Os Mapas de Conceitos e a teoria de aprendizagem de Ausubel

Os mapas de conceitos desenvolvidos a partir do trabalho de Novak e colaboradores têm como base a teoria de aprendizagem de Ausubel. Dois dos princípios desta teoria são fundamentais na construção dos mapas: a significância dos conceitos assenta, em grande parte, nas relações com outros conceitos; e a estrutura de organização e interrelação dos conceitos é uma importante variável de aprendizagem. Segundo Ausubel, esta estrutura deverá ser hierárquica de modo a reflectir relações superordenadas e subordinadas entre princípios e conceitos em vez de reflectir uma ordem cronológica ou pré-requisitos lógicos.

Envolvendo a identificação dos principais conceitos de um dado domínio ou tópico de conhecimentos e a sua organização num arranjo hierárquico do mais geral ou inclusivo para o menos geral ou específico (Novak, 1981), os mapas de conceitos contêm quatro componentes principais: os conceitos, as relações entre conceitos, a

hierarquia e as "ligações cruzadas" entre diferentes ramos da estrutura. É de salientar que este ultimo componente sendo o resultado do relacionamento entre conceitos colocados em "ramos" diferentes da estrutura hierárquica, traduz, igualmente, um princípio importante da teoria de Ausubel: a "reconciliação integrativa", produto de um alto grau de aprendizagem significativa.

Mapas de Conceitos como reflexo da estrutura cognitiva

O uso de mapas de conceitos como instrumento de análise da estrutura cognitiva dos estudantes tem sido alvo de algumas críticas. Tanto Sutton (1980) como M. Brumby (1983) manifestaram a sua posição relativamente ao carácter estático dos mapas de conceitos contrariando o aspecto dinâmico do pensamento humano. Segundo aqueles autores, uma das características mais salientes do pensamento humano é a sua fluidez permitindo uma rápida variação em resposta a diferentes tarefas já que as relações entre conceitos não são fixas; no tempo e no espaço sendo continuamente redefinidas em relação a um dado tópico.

Sutton propõe como alternativa ao uso da designação "estrutura cognitiva" a designação "organização cognitiva" realçando a importância que os processos mentais têm na utilização do conhecimento incorporado. Por outro lado, Stuart (1985) refere não ser razoável assumir que os mapas de conceitos representem o modo como os conceitos são incorporados na mente. Segundo Stuart é possível que esta técnica revele apenas uma parte dos processos do pensamento à volta de um tópico, especialmente as relações que as pessoas reconhecem entre os conceitos.

Apesar do reconhecimento do carácter dinâmico do conhecimento humano, pensamos que numa situação escolar os conhecimentos adquiridos pelos alunos em relação a uma dada disciplina se podem encontrar na forma de esquemas conceptuais, com uma organização perceptível num dado momento. Após uma dada situação de ensino/aprendizagem bem delimitada, estabelecem-se relações entre os novos conceitos bem como entre estes e os já possuídos.

O dinamismo e a flexibilidade são de algum modo consequência do grau de diferenciação dos conceitos e do tipo de relações estabelecidas entre eles.

Os mapas de conceitos traduzindo os esquemas conceptuais presentes na estrutura cognitiva dos alunos não apresentarão, desta maneira, um carácter estático de produto acabado, sendo vistos como uma "ponte cognitiva" de "conhecimento-em-acção" proporcionando uma análise da forma como, novos conceitos se incorporam na organização já existente e o estudo de novas estratégias para posterior aprendizagem e consequente formação de novas relações entre conceitos.

Tendo como base que a informação incorporada na memória a longo prazo tem um formato proposicional e que o tipo de proposições estabelecidas exerce uma acção importante não só na aquisição de novo conhecimento mas também no processamento da informação, outros tipos de organizações conceptuais têm sido desenvolvidos pretendendo reflectir a estrutura cognitiva individual. Estas organizações ou integram conceitos de mudança e de causa e recorrem ao uso de nós secundários tentando evitar ambiguidades nos significados representados - esquemas semânticos (Stewart, 1980) ou tem em atenção os níveis operacionais de Piaget, específicos de

cada conceito (Mathews e colaboradores, 1984 e 1985). Embora úteis na investigação de como os alunos aprendem, parece-nos que este tipo de esquemas se tornam altamente complicados como instrumento quer de análise quer de aplicação directa no processo ensino/aprendizagem na sala de aula. Os condicionalismos existentes numa situação escolar, como o são o grande número de alunos por turma, as limitações de tempo e a falta de motivação, tornam o uso daqueles instrumentos mais fastidioso, conduzindo a atitudes negativas por parte dos alunos e professores.

O uso de mapas de conceitos seguindo a tradição de Novak e seus, colaboradores, pela sua maior simplicidade, o que não é sinónimo de inadequação, são mais apropriados para uma utilização frequente na sala de aula. J. Edwards e K. Fraser (1983) concluíram serem os mapas de conceitos tão ou mais indicados que as entrevistas clínicas na detecção de ideias já possuídas pelos alunos. Brumby (1983) embora com uma posição crítica, considera-os de grande valor como auxiliares de ensino pela sua revelação explícita aos estudantes da importância do estabelecimento de ligações entre o novo conhecimento e o já existente.

Com base nestas considerações faremos nas secções seguintes uma análise da aplicação deste instrumento no processo ensino aprendizagem, incluindo a sua relação com os objectivos do ensino das ciências.

Hierarquia

Um dos princípios mais importantes a ter em conta na elaboração dos mapas de conceitos é a componente hierárquica, reflectindo uma gradação do mais geral ou inclusivo para o menos geral ou específico. Parece haver, no entanto, alguma evidência da existência de uma certa dificuldade na aplicação deste princípio (Cronin, Dekkers & Dunn, 1982; Sequeira, Freitas e Leite, 1985).

Esta dificuldade poderá advir do grande número de conceitos que definem um dado assunto tornando-se difícil distinguir os vários graus de generalidade ou ainda de uma existência incorrecta ou mesmo ausência dos conceitos de generalidade e especificidade, especialmente nos alunos mais jovens.

Algumas estratégias têm sido propostas com a finalidade de facilitar a hierarquização dos conceitos:

- a) escolha de apenas alguns conceitos (8 a 10) ao acaso e sua disposição hierarquizada tornando depois mais fácil a incorporação dos restantes (Edwards, J. e Fraser, 1983).
- b) Formação de pares de conceitos e atribuição de uma pontuação (0 a 3) consoante o seu grau de relação, seguida da hierarquização dos conceitos tendo em conta a soma da pontuação obtida por cada um nos diferentes pares; (Cronin, Dekkers & Dunn, 1982 e Malone, J. & Dekkers, 1984).
- c) Combinação das duas anteriores (Edwards, J. & Fraser, 1983).

Estas estratégias podendo de certo modo facilitar a elaboração dos mapas, talvez não resolvam totalmente o problema da hierarquização já que se num dos casos (a) ele continue a persistir, nos outros (b e c) surge a dificuldade de estabelecer o grau de relação entre os diferentes conceitos. Por outro lado a utilização das escalas

numéricas parece aumentar as atitudes negativas por parte dos alunos em relação à técnica, diminuindo o seu entusiasmo com consequente aumento do tédio (Edwards, J. & Fraser, 1983; Sherris e Kahle, 1984).

Lehman, J. e colaboradores (1985) mencionam a necessidade de um longo treino para que os alunos se tornem bons construtores e utilizadores dos mapas.

Nas nossas investigações temos encontrado uma certa tendência para a disposição dos conceitos segundo uma ordem temporal ou lógica da ocorrência dos fenómenos estudados.

Esta tendência poderá eventualmente indicar a ausência de aprendizagem significativa quando os mapas são construídos após uma sequência de ensino ou, em última análise, ser consequência de uma natureza não hierarquizada da estrutura cognitiva dos estudantes.

Mais investigação é necessária sobre técnicas para ensino de hierarquização dos conceitos a alunos dos diferentes níveis de escolaridade sendo ainda interessante comparar o aproveitamento em ciências de grupos de estudantes que utilizam respectivamente mapas hierarquizados e outras estruturas reflectindo uma ordem temporal ou lógica.

Idiossincracia e "mapa ideal"

Um outro atributo dos mapas de conceitos que tem levantado alguns problemas é o seu carácter idiossincrático. Esta técnica permite variações na ordem e estabelecimento de relações correctas entre conceitos pois existem vários padrões capazes de os ligar (Ault, 1985). A sua ordenação depende de vários factores, salientando-se entre eles as próprias relações entre os conceitos, as limitações impostas pelo curso, o "background" do instrutor e dos alunos bem como os interesses destes últimos (Stewart, Van Kirk e Rowell, 1979). Como estes factores não são estáticos poder-se-á afirmar que nenhum mapa está completamente acabado (Ault, 1985).

O problema coloca-se ao nível da existência de um "mapa ideal" (Cronin, Dekkers e Dunn, 1982) que possibilite a comparação e facilite a avaliação, com posterior correcção dos mapas construídos pelos alunos, proporcionando ao professor intervir no sentido da mudança e extensão das concepções alternativas apresentadas. Ainda, segundo Novak, Gowin e Johansen (1983) podem verificar-se diferenças significantes em mapas construídos por especialistas nos assuntos a estudar.

Sem contrariarmos a ideia de que a organização cognitiva e de natureza idiossincrática, necessariamente influenciada por um conjunto de factores próprios de uma vivência individual, pensamos ser viável a elaboração de um "mapa ideal". Este, reflectiria os esquemas conceptuais, as teorias ou paradigmas explicativos dos fenómenos ou estruturas estudados. Devemos salientar que uma coisa são as relações conceptuais que o estudante estabelece durante a aprendizagem e outra são os esquemas conceptuais resultantes da investigação científica e que explicam os fenómenos ou estruturas em causa. Os estudos recentes sobre as concepções científicas alternativas dos alunos (Driver e Erickson, 1983; Gilbert e Watts, 1983; Helm e Novak, 1983) são disso uma indicação evidente.

Poder-se-á argumentar que a existência de um mapa ideal promoverá a uniformidade entre estudantes e será um factor limitativo de uma maior diferenciação conceptual de estudantes mais aptos já que na sua elaboração o professor teria de ter em conta o nível cognitivo médio dos seus alunos.

Precavendo-se destas limitações a sua utilização na sala de aula terá de rodear-se de alguns cuidados. A avaliação terá de ser suficientemente flexível permitindo a existência de mapas contruídos pelos alunos que sejam melhor estruturados que o "mapa ideal", construído pelo professor (Novak, Gowin, Johansen, 1983). Aqueles apresentariam conceitos, relações proposicionais entre conceitos e ligações cruzadas adicionais e seriam resultado de uma estrutura cognitiva mais diferenciada. Os mapas não deverão ser utilizados como única técnica de ensino/aprendizagem, sendo o seu uso mais recomendado como organizador conceptual após a apresentação ou a descoberta da informação através da utilização de várias estratégias. Pensamos que a utilização de um "mapa ideal" na aula poderá ajudar a reorganização da informação na estrutura cognitiva de alunos com mais dificuldades, sendo as estratégias para a sua utilização com este tipo de alunos um dos caminhos para futura investigação.

Avaliação quantitativa versus qualitativa

A avaliação dos mapas de conceitos pode justificar-se com a sensibilidade que aqueles parecem ter às mudanças na estrutura cognitiva dos alunos, podendo por isso ser úteis como medida da aprendizagem (Arnaudin, Mintzes, Dunn & Shafer, 1984). Mas, se a sua avaliação parece justificada alguma controvérsia existe quanto ao tipo que ela poderá assumir: quantitativa ou apenas qualitativa?

A avaliação quantitativa tem sido usada (Novak, 1981; Malone & Dekkers, 1984; Stuart, 1985) com incidência nos vários atributos dos mapas, analisados independentemente uns dos outros.

Também neste caso existe alguma divergência de opiniões. Esta divergência recai por um lado nos vários componentes ou atributos a avaliar e por outro lado na questão de saber se a sua avaliação deverá fazer-se de um modo independente ou, em alguns dos casos, tendo em conta dois ou mais atributos fortemente dependentes uns dos outros. Num estudo recente Stuart (1985), analisando as correlações entre as pontuações obtidas por estudantes nos vários componentes, conclui que as relações estabelecidas entre os conceitos e a hierarquia são interdependentes.

No seu estudo, Stuart refere a necessidade do desenvolvimento de técnicas mais holísticas e qualitativas focando a estrutura linguística das proposições, a natureza das interrelações entre as várias ramificações e a sequência dos conceitos no mapa.

Outros investigadores manifestam o seu desacordo quanto à quantificação dos mapas afirmando que isso reforça o seu carácter estático (Brumby, 1983) e que uma análise qualitativa é, só por si, suficiente existindo pouca necessidade de um arranjo numérico (Ault, 1985).

Se a quantificação é justificável quando através de uma análise estatística pretendemos saber se os estudantes são ou não capazes de construir correctamente mapas de conceitos essa justificação não pode ser automaticamente transposta para

uma pressuposta medida integral da aprendizagem. Poderemos nós correr o risco de os mapas serem vistos pelos estudantes como um fim em si mesmos? Mais investigação é necessária sobre este aspecto dando-se maior atenção aos objectivos do ensino das Ciências que esta técnica ajuda a alcançar, tendo ainda em conta a importância de se encontrar uma medida válida e independente da aprendizagem significativa.

Mapas de conceitos e objectivos do ensino das ciências

Os objectivos do ensino das Ciências estão fortemente ligados à percepção que os educadores têm do que é Ciência (Wagner, 1983).

Não pretendemos fazer aqui uma discussão aprofundada dos vários conceitos de Ciência. Diremos apenas que, na linha percorrida por vários investigadores nos últimos anos, vemos a natureza dos processos dependente do conhecimento conceptual usado para compreender um fenómeno natural (Novak, 1980; Novak, Gowin & Johansen, 1983; Finley, 1984). Neste caso, Ciência não é apenas um conjunto de processos específicos e o possível conhecimento que dele resulta, mas também a acção que todo o quadro conceptual já existente na organização cognitiva do cientista tem na escolha dos processos a utilizar e nas conclusões obtidas. Assim se explica a existência, em alguns dos casos, de várias teorias explicativas de um mesmo fenómeno.

Tendo em atenção esta forma de ver a Ciência, os mapas de conceitos surgem como bons instrumentos quando usados na aplicação de programas orientados para o inquérito científico facilitando a sua compreensão (Novak, Gowin & Johansen, 1983; Tamir, 1983).

Aplicadas no processo ensino/aprendizagem, possibilitam a comparação entre diferentes teorias explicativas de um mesmo fenómeno com explicitação das mudanças nas estruturas organizacionais dos conceitos. Os estudantes facilmente se apercebem do carácter evolutivo do conhecimento científico pois este deixaria de lhe ser apresentado como uma verdade absoluta incapaz de sofrer alterações. Também utilizados nas actividades de laboratório, os mapas poderão facilitar a compreensão da natureza das ciências por parte dos estudantes.

Isto acontece quando forem utilizados quer como registo das conclusões retiradas (Ault, 1985) quer possibilitando o levantamento de problemas e a modificação das relações conceptuais ou mesmo o aparecimento de novos conceitos após a experimentação (Heinze-Try, Crovello & Novak, 1984). Alguns investigadores têm ainda realçado a importância que os mapas de conceitos poderão ter para os alunos na resolução de novos problemas. Esta torna-se facilitada devido à organização hierárquica do conhecimento que conduzirá a um aumento da "performance" na transferência desde conhecimento para novas situações (Novak, Gowin & Johansen, 1983) e ainda do desenvolvimento da habilidade espacial (Sequeira, Freitas & Leite, 1985), que parece ser essencial à aquisição e compreensão de conceitos bem como à resolução de problemas.

A competência linguística à volta de um paradigma particular de investigação (Wagner, 1983) é naturalmente fomentada desde que o professor faça incidir a atenção dos seus alunos na necessidade de as proposições que ligam os conceitos serem

de natureza científica e não vulgares (Cronin, Dekkers & Dunn, 1982; Malone & Dekkers, 1984).

Também o espírito crítico (Ault, 1985) e o pensamento criativo (Novak, Gowin & Johansen, 1983) podem ser desenvolvidos com a utilização desta técnica embora mais investigação se deva realizar neste campo confirmando ou não o incremento destas capacidades.

Conclusão

Da revisão crítica atrás apresentada poderemos concluir serem os mapas de conceitos um instrumento importante para o ensino/aprendizagem das ciências. Longe de ser o remédio milagroso sempre esperado por alguns, esta técnica pode ajudar os alunos a caminhar na direcção de uma aprendizagem significativa. Se não permite o acesso total à organização cognitiva, permite, pelo menos, a identificação de estruturas conceptuais dos estudantes, possibilitando ao professor intervir na sua reorganização e ampliação, ajudando no estabelecimento de ligações entre o novo conhecimento e o já existente.

Usados conjuntamente com outras estratégias de ensino, os mapas de conceitos poderão facilitar a compreensão da natureza do conhecimento científico quer realçando o seu carácter evolutivo, despindo-o do seu carácter dogmático, quer ilustrando a forma como esse conhecimento é construído. Igualmente, a competência linguística nos paradigmas explicativos dos fenómenos é fomentada quando as proposições que ligam os conceitos são de natureza científica.

O desenvolvimento do espírito crítico e das habilidades de resolução de problemas através da utilização de mapas de conceitos, embora indicado por alguns investigadores, necessita ser confirmado. Também estratégias que ajudem os alunos a hierarquizar os conceitos e técnicas mais holísticas e qualitativas de avaliação precisam ser desenvolvidas.

Mas, apesar de alguns problemas levantados na sua utilização e de algumas potencialidades indicadas não estarem totalmente confirmadas o uso frequente de mapas de conceitos parece ter uma influência importante no incremento da aprendizagem das ciências, pelos estudantes, como indicam alguns estudos já realizados.

REFERÊNCIAS

- Arnaudin, M., Mintzes, J., Dunn, C. & Shafer, T. (1984). Concept Mapping in College Science Teaching. *Journal of College Science Teaching*, November.
- Ault, C.R. (1985). Concept Mapping as a Study Strategy in Earth Science. *Journal of College Science Teaching*, September/October.
- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Traduzido da 2ª edição para S. Paulo: Editora Interamericana.
- Brumby, M. (1983). Concept Mapping: Structure or Process? *Research in Science Education*, 13, 9-17.
- Champagne, A., Klopfer, L., Desena, A. & Squires, D. (1981). Structural Representations of Students Knowledge Before and After Science Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 1, 97-111.
- Cronin, P., Dekkers, J & Dunn, J. (1982). A procedure for Using and Evaluating Concept Maps. *Research in Science Education*, 12, 17-24.
- Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-Action: Some Theoretical and Empirical Issues in the Studies of Student's Conceptual Frameworks in Science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver, R. Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes Open University Press
- Edwards, J. & Fraser, K. (1983). Concept Maps as Reflectors of Conceptual Understanding. *Research in Science Education*, 13, 19-6.
- Fensham, P., Garrard, J. & West, L. (1982). A Comparative Critique of Several Methods of Collecting Data for Cognitive Mapping. *Research in Science Education*, 12, 9-16.
- Finley, F., (1983). Science Processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), 47-54.
- Gilbert, J. & Watts, D. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Heinze-Fry, J., Crovello, & Novak, J. (1984). Integration of Ausubelian Learning Theory and Education Computing. *The American Biology Teacher*, 46(3), 152-156.
- Helm, H. & Novak, J. (Eds). (1983). *Proceedings of the International Seminar-Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca: Cornell University Press.
- Kelly, G. (1963). *A Theory of Personality: the Psychology of Personal Constructs*. London: W. W. Norton & Company.
- Kuhn, T. (1970). *The structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University Chicago Press. 2nd Edition enlarged.
- Klausmeir, H. (1980). *Learning and Teaching Concepts: a Strategie for Testing Applications of Theory*. London: Academic Press.
- Klausmeir, H. & Goodwin, W., (1977). *Manual de Psicologia Educacional: Aprendizagem e Capacidades Humanas*. São Paulo: Editora Harper & Row do Brasil, Lda.
- Lehman, J., Carter, C. & Kahle, J., (1985). Concept Mapping, Vee Mapping and Achievement: Results of a Field Study With Black High School Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 663-673.
- Malone, J. & Dekkers, J., (1984). The Concept Maps as an Aid to Instruction in Science and Mathematics. *School Science and Mathematics*, 34(3).
- Mathews, V, Brook, Khan-Gandapur, T. (1934). Cognitive Structure Determinations as a Tool in Science Teaching. Part 1: A New Method of Creating Concept Maps. *European Journal of Science Education*, 6(2), 169-177.
- Mathews, V., Prook, Khan-Gandapur, T. (1934). Cognitive Structure Determinations as a Tool in Science Teaching. Part 2: The Measurement of Piaget Specific Levels. *European Journal of Science Education*, 6(3), 289-297.
- Novak, J. (1980). Learning Theory Applied to the Biology Classroom. *The American Biology Teacher*, 42(5).
- Novak, J. (1981). Applying Learning Psychology and Philosophy of Science to Biology Teaching. *The American Biology Teacher*, 43 (1)
- Novak, J., Gowin, B. & Johansen, G., (1983). The use of Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping With Junior High School Science Students. *Science Education*, 67(5), 625-645.

- Pfundt, H. & Duit, R., (1985). *Bibliography: Student's Alternative frameworks and Science Education*. Kiel: I.P.N.
- Ross, L., (1983). The "Intuitive Scientist" Formulation and its development Implication. *Social Cognitive Development* (Cambridge Studies in Social and Emotional Development). In Flavell, J., Ross, L. (Eds.). Cambridge. Cambridge University Press.
- Sequeira, M., Freitas, M., Leite, L. (1985). *The Use of Concept Mapping With Elementary School Children*. Paper presented at I Symposium on the Implication of Cognitive Science for the Education of Science Teachers, Kiel, West Germany .
- Sherris, J. & Kahle, J. (1984) . The Effects of Instructional Organization and Locus of Control Orientation and Meaningful Learning in High School Biology Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(1) 85-94.
- Stuart, H. (1985). Should Concept Maps be Scored Numerically? *European Journal of Science Education*. 7(1), 73-81.
- Stuart, J. (1980). Teaching for Assessing and Representing Information in Cognitive Structure. *Science Education*, 64 (2), 223-235 .
- Stuart, J., Vankirk, J. & Rowell, R. (1979). Concept Maps. A Tool for Use in Biology Teaching. *The American Biology Teacher*. 41 (3) .
- Tamir, P., (1983) . Inquiry and The Science Teacher. *Science Education*, 67(53), 657-672.

CONCEPT MAPS AND THE TEACHING AND LEARNING OF SCIENCE

Abstract: The construction of concept maps plays a special role among the various techniques used both for the identification and characterisation of individual conceptual structures, and for the promotion of their reorganisation. The present paper presents a critical review of the theoretical and methodological problems raised by this technique, thereby drawing some conclusions on its relevance in science teaching and learning. The authors conclude that, despite the occurrence of problems in the use of concept maps, and although some of its advantages are not yet fully confirmed, the potential effects of using concept maps are great. Therefore, the frequent use of concept maps allows the identification of learners' conceptual frames, thereby facilitating the teacher's intervention in reorganising and expanding them, in helping to establish connections between the learner's background knowledge and the new information to be acquired.

LES "CONCEPT MAP" ET L'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DES SCIENCES

Résumé - Parmi les nombreuses techniques, utilisées au niveau de l'identification et de la caractérisation des structures conceptuelles individuelles ainsi que pour la promotion de leur réorganisation, il faut mettre en relief l'élaboration des "concept maps". Dans ce travail, on prétend présenter une révision critique des problèmes théoriques et méthodologiques que soulève cette technique, de façon à en retirer quelques conclusions relativement à son importance au niveau de l'enseignement-apprentissage des sciences. Les auteurs concluent que, bien que certains problèmes soulevés lors de son utilisation et que quelques potentialités indiquées ne soient pas totalement confirmées, l'utilisation fréquente permet l'identification de structures conceptuelles des étudiants, ce qui permet au professeur d'intervenir au niveau de sa réorganisation et de son amplification, tout en aidant les relations entre la nouvelle connaissance et celle déjà existente.

LINGUAGEM METAFÓRICA E O ENSINO DAS CIÊNCIAS

António Cachapuz

Universidade de Aveiro, Portugal

Resumo - O estudo aborda a problemática do uso da linguagem metafórica no ensino das Ciências, ensinos básico e secundário, tendo em vista valorizar a função interpretativa da linguagem. É dado particular realce ao caso de metáforas e analogias, sendo discutida a possível relevância de exemplos correntes de analogias aparecendo em Manuais Escolares, nomeadamente de Química. Apresenta-se um possível modelo de ensino assistido por analogias organizado segundo quatro fases sequencialmente dispostas e cuja realização se propõe possa ter lugar segundo duas estratégias limites: estratégia centrada no professor e estratégia centrada no aluno. Dão-se sugestões sobre o modo como os professores poderão gerir um tal modelo e discutem-se implicações a nível da formação de professores de Ciências.

Linguagem metafórica para quê?

Se é certo existir um largo consenso sobre a importância da linguagem no ensino das Ciências (1), de preciso pouco se sabe sobre como os elementos desse binómio interactivam. Parte do problema deriva da dificuldade de transferir resultados de estudos de Psicolinguística e Psicopedagogia para contextos específicos ao ensino das Ciências. Na verdade, não se pode ignorar que a linguagem das Ciências tem as suas próprias características, regras e excepções sendo fácil, de acordo com Marland (1977), distinguir uma inflação de termos técnicos, a predominância de definições ou a dominância de um estilo impessoal.

O uso de tais estereótipos num contexto educacional, não favorece a função interpretativa da linguagem mas sim, no melhor dos casos, a sua função de transmissão do conhecimento, i.e., o foco na simples comunicação entre o professor e o aluno (e vice-versa) e onde o mais importante é avaliar se a informação foi correctamente transmitida. Por exemplo, o estilo despersonalizado (nomeadamente o uso da terceira pessoa ou ausência de comentários pessoais, tendo como intenção reflectir a objectividade do conhecimento científico) é geralmente considerado não favorecer a necessária mediação entre a linguagem e conceitos de um dado tópico em estudo. A eventual reconstrução dos significados pelos próprios alunos, entendidos como sujeitos da aprendizagem, fica assim prejudicada. Para Sutton (1982), "some features which are desirable for the practice of science are also a handicap in the

context of teaching and learning because they conflict with the encouragement and enrichment of "private understandings" in the minds of each learner" (p. 14). Argumentos contra o uso educacional de tais estereótipos da linguagem das Ciências têm sido apontados (ASE, 1980; Strube, 1989) propondo-se em alternativa o uso de um estilo mais expressivo e menos anónimo por parte de professores e alunos que ultrapasse a mera familiaridade com vocabulário técnico.

Uma das maneiras de fomentar um estilo menos rígido e mais expressivo no ensino das Ciências, consiste no uso de linguagem metafórica (nomeadamente verbal), cuja importância em facilitar a transferência do conhecimento de um domínio conceptual para outro (menos familiar) foi desde sempre reconhecida. Recorde-se que já Lucrécio (séc.I AC) no seu poema "De rerum natura" (Àcerca da natureza das coisas) e em que previu a existência de átomos, utilizou para o efeito uma analogia envolvendo as diferentes percepções de um rebanho de cordeiros por um observador colocado a diferentes distâncias. Também para Aristóteles (séc. IV AC) o uso da metáfora era considerado a marca dos génios. Mais próximo de nós (Santos, 1989) sugere que "... o que melhor caracteriza o pensamento científico é a tensão entre linguagem técnica e linguagem metafórica" (p.131).

Por certo que a linguagem metafórica não é, longe disso, um privilégio das Ciências, embora seja curioso observar como elaborações científicas permeiam quer a linguagem usada no dia a dia quer a linguagem literária (2). Exemplos não faltam: falamos de "células políticas"; de "sólidos argumentos"; com Torga aprendemos que há "poemas geológicos"... para melhor exprimir a paisagem (beleza absoluta, no dizer do poeta) que se depara a quem avista o vale do Rio Douro dos altos de S. Leonardo de Galafura. No âmbito das Ciências, a linguagem usada está saturada de analogias e metáforas, estreitamente ligadas à história das descobertas científicas, muitas das quais foram posteriormente popularizadas nos Manuais Escolares (ME's). Por exemplo, qual o leitor atento de ME's de Química que já não ouviu falar de "gases nobres", "famílias de elementos", "blindagem do núcleo", "fronteira de um sistema", "poço de potencial", "núvem electrónica", "migração de iões", "spin de um electrão"?...

Em todos estes exemplos, o que está em jogo não é (ou não é só) o uso de linguagem figurativa por uma questão de recorte literário. Na verdade, dado o carácter abstracto (conceitos por definição) e complexo de um grande número de conceitos das Ciências, o que os autores pretendem é tornar mais compreensível a sua explicação, descrevendo novos conceitos em termos de outros mais familiares (p.ex. "poço de potencial") ou mais simplesmente sistematizando e enriquecendo de detalhes uma dada informação (p.ex. "famílias de elementos"). Daí decorre uma boa parte da importância educacional da linguagem metafórica. Por outro lado, para quem produz analogias e metáforas, estas podem estimular a solução de problemas existentes, a identificação de novos problemas e a elaboração de hipóteses (Glynn, et al., 1989). Tal significa que imaginar um dado aspecto não familiar "como se fosse... (domínio familiar)" e descrevê-lo através de linguagem metafórica pode ajudar a organizar as nossas percepções. Deste modo, analogias e metáforas podem bem ser uma necessidade epistemológica já que, em conjunto com a imagética que lhes está associada, podem constituir poderosos instrumentos de ajuda cognitiva e nesse sentido importantes

mediadores da aprendizagem dos alunos. No entender de Santos (1989), "a originalidade da analogia está em que ela em vez de estabelecer uma banal relação de semelhança, estabelece uma imaginativa semelhança de relação e tem, por isso, uma grande eficácia no desenvolvimento e na extensão do pensamento" (p.129). Um bem conhecido exemplo de tal "imaginativa semelhança" é dado pela história da descoberta da estrutura cíclica do benzeno (uma descoberta chave no domínio da estrutura molecular da Química Orgânica) por Auguste Kekulé a partir de um sonho: "I turned my chair to the fire and dozed. Again the atoms were gambolling before my eyes. This time the smaller groups kept modestly in the background. My mental eye, rendered more acute by visions of this kind, could now distinguish larger structures, of manifold conformation; long rows, sometimes more closely fitted together, all twining and twisting in snakelike motion. But look! What was that? One of the snakes had seized hold of its own tail, and the form whirled mockingly before my eyes. As if by a flash of lightning I awoke." (citado de Koestler, 1964).

Nos últimos cinco anos, assistiu-se a um renovado interesse pela investigação do uso da linguagem metafórica a nível do ensino das Ciências, como p. ex., os estudos de Burns e Okey (1985) no caso do ensino do funcionamento dos sistemas digestivo, nervoso e circulatório, de Flick (1989) no ensino a crianças dos diferentes estados físicos da água, de Gilbert (1989) no ensino das leis de Mendel ou ainda de Glynn, Sloan e Radford (1989) no ensino da fotossíntese e respiração celular. O presente estudo insere-se nessa mesma linha de investigação e é sua intenção abordar modos possíveis como a linguagem metafórica pode ser usada utilmente por professores e alunos de Ciências, em particular de Química (ensinos básico/secundário).

De concreto pouco se sabe sobre quais as analogias e metáforas mais frequentemente usadas por professores e alunos de Ciências; menos ainda sobre o modo como as usam. Tal investigação dá ainda os seus primeiros passos podendo apontar-se duas razões para um tal estado de coisas.

Em primeiro lugar, a influência de concepções positivistas e racionalistas no ensino das Ciências, para as quais metáforas e analogias seriam a marca de uma substituição ou desvio que impede o conhecimento objectivo da realidade (Bachelard, 1972). Para este autor, metáforas e analogias seriam de excluir já que poderiam promover nos alunos o animismo, substancialismo ou antropomorfismo reforçando assim obstáculos epistemológicos. Tais posições têm sido recentemente contestadas em termos de uma alternativa construtivista para o ensino e aprendizagem das Ciências (Sutton, 1978), perspectiva que aqui se partilha, e no quadro da qual a linguagem metafórica pode ser um instrumento essencial na construção que cada um tem de levar a cabo do seu próprio conhecimento.

Em segundo lugar, não existe nenhuma teoria sobre a linguagem metafórica que permita ao professor prever se uma analogia é ou não adequada. Para Ortony (1975), "... the view that metaphors are essentially comparisons is perhaps the nearest that we have to an accepted theory of metaphor" (p. 45). Em consequência, para o professor, a escolha de uma analogia faz-se geralmente com base na análise lógica da sua presumível transparência, i.e., da predominância dos aspectos que são similares (sobre os não similares) e da relevância conceptual dos primeiros para a situação em estudo. Tal análise lógica tem naturais limitações, não evitando que duas analogias

aparentemente similares possam evocar processos de racioc3nios substancialmente diferentes (Sternberg & Rifkin, 1979). A falta de um quadro te3rico suficientemente elaborado que permita racionalizar o uso educacional de met3foras e analogias n3o deve ser motivo bastante para as banir; deve sim aconselhar o seu uso com a necess3ria prud3ncia.

Met3foras e Analogias

Embora met3foras e analogias n3o sejam as 3nicas formas de linguagem metaf3rica vulgarmente consideradas (p.ex. s3miles e par3bolas) s3o provavelmente os formatos mais frequentemente usados.

De acordo com Sternberg e Rifkin (1979) por analogia formal entende-se uma proposi33o da forma "A est3 para B assim como C est3 para D" de tal modo que a rela33o entre A e B 3 similar 3 rela33o entre C e D. Assim, na analogia bem conhecida entre a estrutura do 3tomo (segundo Rutherford) e o sistema planet3rio (segundo Cop3rnico), os electr3es (A) est3o para o n3cleo do 3tomo (B) assim como os planetas (C) est3o para o sol (D). O que est3 verdadeiramente em jogo n3o 3 o conhecimento individual dos termos A, B, C ou D, mas sim a natureza da(s) rela33o(3es) supraordenadas aos dois dom3nios conceptuais (p.ex. "andar 3 volta de"). Tais rela33es reflectem propriedades estruturais de cada um dos dom3nios e nesse sentido s3o partilhadas com qualquer outro sistema isomorfo (transitividade da analogia). No exemplo acima referido, o sistema planet3rio constitui o dom3nio familiar e a estrutura do 3tomo o dom3nio em estudo.

Met3foras s3o geralmente consideradas como analogias condensadas (Black, 1962), p. ex. "a corrente el3ctrica" (note-se que nem todas as analogias s3o necessariamente met3foras j3 que a transfer3ncia de significados pode ser feita directamente). Se quem gera a met3fora 3 persuadido de que ela tem algum valor heur3stico, a explora33o das diversas implica33es pode levar at3 3 formula33o de uma analogia (Sutton, 1981).

As analogias s3o geralmente mais exploradas do que as met3foras nos ME's de Ci3ncias talvez porque t3m um caracter mais estruturante, i.e., nas primeiras a transfer3ncia de significados de um dom3nio para o outro diz sobretudo respeito a rela33es enquanto que nas segundas incide sobre atributos. Acresce que, como reflexo do relativismo cultural do conhecimento, met3foras e analogias s3o perme3veis a uma dada cultura embora provavelmente as primeiras mais do que as segundas. Exemplos de analogias usadas em ME's de Qu3mica s3o apresentadas no Quadro 1. Nalguns casos, o formato de apresenta33o das analogias nos ME's envolve quer linguagem verbal quer diagram3tica (a segunda o mais das vezes assistindo a primeira), sendo frequente os autores usarem express3es do tipo "suponha que...", "imagine que...", denunciando assim um saud3vel apelo 3 imagina33o do leitor. Por exemplo, a prop3sito da dimens3o relativa n3cleo/3tomo, "...podem imaginar o n3cleo at3mico como sendo uma formiga no centro de um grande est3dio de futebol" (Teixeira e Martins, 1989, p.8).

Quadro 1 - Exemplos de analogias usadas em Qu3mica

Dom3nio em estudo	Dom3nio familiar	Escolaridade
3tomo de Bohr/Rutherford	modelo planet3rio	8º ano
obten33o das subst3ncias compostas a partir de um n3mero finito de elementos qu3micos	obten33o de palavras a partir das letras do alfabeto	8º ano
lei das oitavas (Newlands)	oitavas musicais	9º ano
"saltos qu3nticos" dos electr3es entre dois n3veis de energia	varia33o da energia potencial grav3tica	10º ano
vari3veis de estado	a altitude atingida por um alpinista 3 independente do trajecto seguido	11º ano
car3cter din3mico do equil3brio qu3mico	uso de "alunos moleculares"	11º ano
rea33o limitante da velocidade de uma reac33o qu3mica	tanques de 3gua com diferente d3bito colocados sucessivamente e comunicando entre si	11º ano
confronta33es moleculares do ciclohexano	representa33o tipo "cadeira" ou "barco"	12º ano

3 poss3vel classificar analogias segundo v3rios tipos embora nem todos com relev3ncia educacional. Referem-se dois:

i) *Analogias objectivas/pessoais*: t3m a ver com o tipo de experi3ncias de que derivam, nomeadamente se quem a usa 3 inclu3do (pessoais) ou n3o (objectivas) no estabelecimento da pr3pria analogia (Dreistadt, 1968). Um conhecido exemplo de analogia pessoal 3 o ocorrido com Arquimedes e que levou 3 descoberta do que ficou

para a história como o princípio de Arquimedes (foi o seu próprio corpo que fez transbordar a água da banheira).

As analogias objectivas são as mais frequentes. No Quadro 1, a única analogia pessoal diz respeito ao uso de "alunos moleculares" para ilustrar o carácter dinâmico do equilíbrio químico. Analogias deste tipo, pela possibilidade de dramatização que abrem, podem permitir ao professor uma boa exploração da relação pedagógica; no entanto, o seu uso pode ser considerado infantilizante (no caso referido alunos do 11º ano de escolaridade). Também as analogias pessoais, se espontaneamente seleccionadas pelos alunos, são mais permeáveis a experiências individuais; por isso mesmo podem envolver uma maior subjectividade.

ii) *analogias analíticas/sintéticas*: dizem respeito ao modo, analítico ou sintético, como presumivelmente tem lugar o processo de transferência de significados do domínio familiar para o domínio em estudo (Dreistadt, 1968). Por exemplo, no caso do átomo de Bohr/Rutherford (Quadro 1) o uso do modelo planetário serviu para diferenciar o todo (o átomo até aí, átomo de Thompson, era considerado como um todo contínuo) nas diferentes partes e o modo como as componentes funcionavam no contexto global. É pois uma analogia analítica.

As analogias analíticas são as mais frequentes. Um exemplo de analogia sintética é a comparação entre o arranjo das notas de um piano em grupos de 8, oitavas musicais, e a classificação dos elementos químicos segundo o seu peso atómico crescente (Quadro 1). De referir que embora a lei das oitavas não tenha validade científica, permitiu fazer sobressair a noção chave de periodicidade nas propriedades dos elementos químicos, noção que ainda hoje sobrevive.

A escolha de analogias sintéticas ou analíticas depende antes de mais da própria natureza do problema em estudo. É previsível no entanto que a relevância educacional de um ou outro tipo dependa de possíveis diferenças nas capacidades de análise e síntese dos alunos a quem se dirigem.

Usos da linguagem metafórica

Para o professor, a questão central a resolver é de como explorar a linguagem metafórica de modo a promover a mudança conceptual nos seus alunos. Dado que a iniciativa do uso das analogias(3) pode pertencer quer ao professor quer aos alunos, é previsível que a resposta a tal questão envolva estratégias de intervenção diferenciadas. À falta de modelos de ensino assistido por analogias devidamente validados, pode ser útil sistematizar e discutir aspectos sugeridos pela investigação educacional com pertinência para a problemática em estudo.

Em primeiro lugar, a escolha de qualquer estratégia pelo professor não deve ignorar que os alunos podem eventualmente ter ideias alternativas (Driver, 1983) em relação a conceitos do domínio em estudo. Este aspecto tradicionalmente ignorado em propostas de uso de analogias no ensino (p.ex. Glynn, et al., 1989), pode levar os alunos a rejeitar ou não compreender uma analogia potencialmente útil. Eventuais ideias alternativas no domínio em estudo devem pois ser diagnosticadas. Por maioria de razão, os conceitos seleccionados do domínio familiar devem ser claramente compreendidos pelos alunos. Por exemplo, é frequente alunos do ensino básico

pensarem que entre os planetas do sistema solar existe uma atmosfera (com a mesma ou outra composição da atmosfera terrestre). Tal concepção pode ser eventualmente transferida quando do estabelecimento da analogia modelo planetário/estrutura do átomo, levando-os a pensar que também entre os electrões existe ar.

Um segundo aspecto a ter em conta pelo professor, diz respeito ao modo de exploração da analogia seleccionada (por ele ou pelos alunos). A exploração interactiva das analogias de modo a promover o raciocínio analógico no aluno tem sido apontada como favorecendo a mudança conceptual (Brown & Clement, 1989), sendo a ausência de um tal aspecto provavelmente responsável pelo relativo insucesso de alguns trabalhos como o de Healey (1989) no estudo do uso de analogias para o ensino das leis da reflexão e refacção. No caso das analogias referidas no Quadro 1, os ME's consultados apresentam-nas de um modo tradicional, i.e., os alunos não são solicitados a explicitar e ajuizar a natureza dos atributos comparados ou a estrutura das relações estabelecidas. Por vezes, nomeadamente no caso de analogias envolvendo desenhos ou diagramas, o leitor nem sequer é informado do que o autor pretende, como se a simples disposição espacial do desenho no texto fosse por si só suficiente. Fica pois em aberto a possibilidade dos alunos não seleccionarem aspectos relevantes do domínio familiar ou, mais grave ainda, de seleccionarem alguns dos irrelevantes.

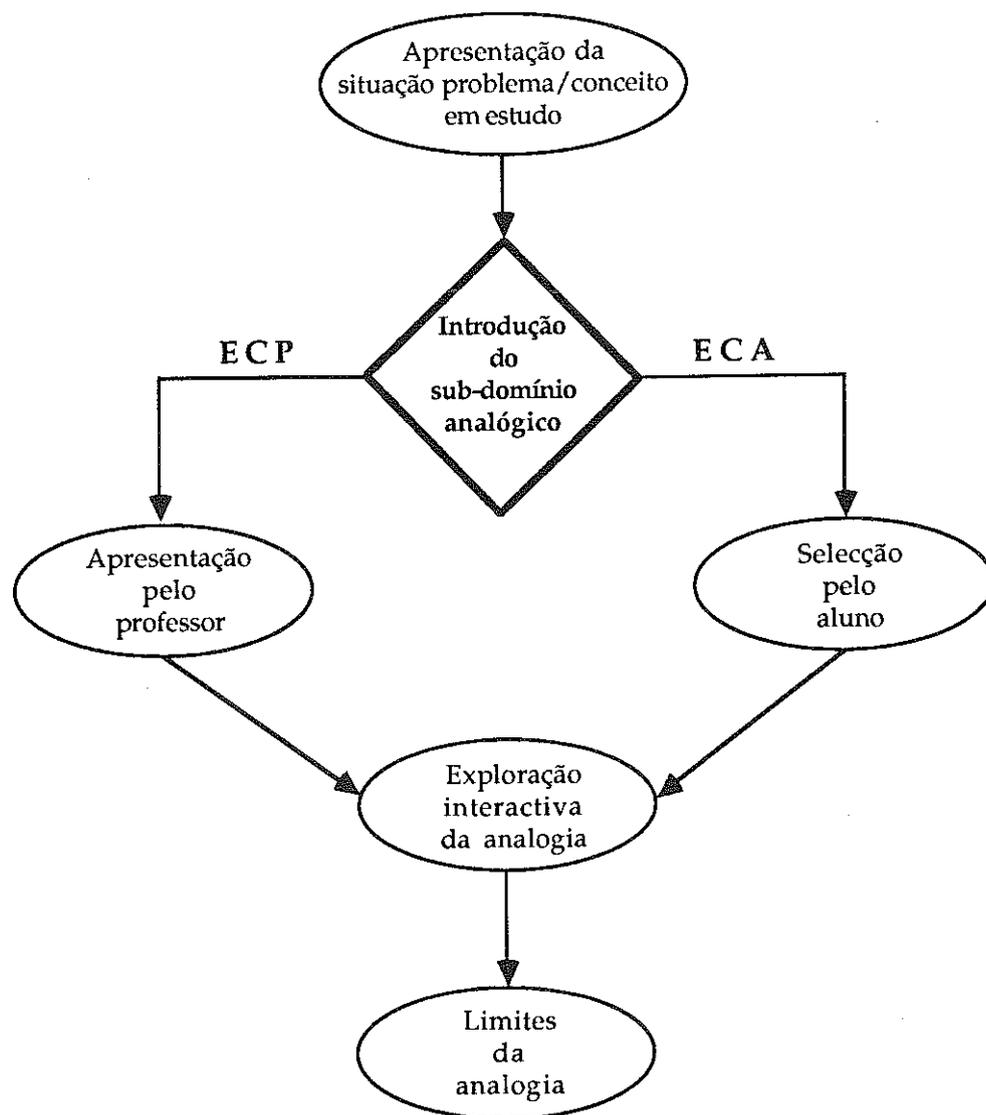
Finalmente, é consensual a necessidade de estabelecer com clareza quais os limites da analogia, i.e., não só o que é comparável mas também o que não o é, já que nem todos os aspectos do domínio familiar são transferíveis para o domínio em estudo. Por exemplo, nos ME's consultados não houve o cuidado de esclarecer que as interacções entre os planetas (forças gravíticas) não são do mesmo tipo que as interacções entre electrões (forças eléctricas). Também no caso da analogia utilizada para introduzir o conceito de "salto quântico" de electrões (Quadro 1), nem todos os ME's esclarecem que a analogia mecânica usada, em termos da diferença de energia potencial de posição de um dado corpo, não é extensiva ao domínio em estudo; no caso do átomo (energias quantizadas), o electrão ao "saltar" de um nível de energia para outro nunca se encontra entre esses níveis (a noção de trajectória não existe). Não é pois um "salto" possível de compreender à estrita luz da mecânica clássica. Neste caso, o que está em jogo, é provavelmente a própria escolha da analogia. Também a frequente confusão nos ME's entre analogia e exemplo de um conceito (caso p. ex. da analogia do alpinista/variáveis de estado, Quadro 1), pode levar a que atributos irrelevantes possam ser seleccionados (só nos exemplos todos os atributos desse conceito são necessariamente contemplados).

Os três aspectos acima discutidos ajudam a racionalizar um possível modelo de ensino assistido por analogias, organizado segundo quatro fases sequenciais que tentativamente se apresentam:

- 1 - Apresentação da situação problema/conceito pertencendo ao domínio em estudo.
- 2 - Introdução do(s) conceito(s) pertencendo ao domínio familiar (sub-domínio analógico).
- 3 - Exploração interactiva da correspondência estabelecida.
- 4 - Estabelecimento dos limites da analogia.

Segundo é ou não o aluno que selecciona o sub-domínio analógico, é possível considerar duas estratégias limites para a gestão do modelo (figura 1). No essencial, a estratégia centrada no professor (ECP) difere da estratégia centrada no aluno (ECA) no que respeita à fase 2, podendo a selecção feita pelo aluno sê-lo espontaneamente ou a solicitação do professor (situação de compromisso).

Fig. 1 - Possível modelo de ensino assistido por analogias



O critério de escolha de uma das duas estratégias limites, tem sobretudo a ver com a perspectiva pedagógica do professor e objectivos de ensino. Assim, no caso da apresentação de conceitos pertencentes a um domínio conceptualmente novo para o aluno (p.ex. noção de variáveis de estado, 11º ano de escolaridade), é de privilegiar uma ECP. Neste caso, as analogias funcionam como mediadoras de ensino, estabelecendo "pontes cognitivas" que facilitam a integração da nova informação na estrutura cognitiva do aluno; nesse sentido podem ser consideradas como desempenhando o papel de organizadores prévios (Ausubel, 1960). Não sendo o aluno que gera a analogia, a sua aceitabilidade pode ser questionável. É pois previsível a necessidade de uma maior motivação, quer favorecendo a percepção da relevância na aprendizagem do conceito em estudo, se possível com base em critérios externos ao estrito contexto académico, quer provocando situações de conflito conceptual nos alunos.

Uma estratégia centrada nos alunos é de privilegiar quando se presume que o domínio em estudo já está minimamente estruturado pelos alunos (adequadamente ou não), sendo importante reelaborar representações existentes i) quer diferenciando-as em extensão, ii) quer reconstruindo-as em termos de novos modelos interpretativos. Um exemplo do primeiro caso é o estudo das conformações moleculares do ciclohexano. É previsível que as estruturas correspondentes às duas conformações limites, possam ser reconhecidas pelos alunos como correspondendo a tipo "cadeira" ou "barco", bem como a natureza das interacções entre substituintes estabelecida por extensão do que já acontecia no caso dos derivados acíclicos. O segundo caso é particularmente adaptado a situações em que se pretendam identificar eventuais ideias alternativas dos alunos (a reconstrução de representações existentes poderá ser desencadeada na fase 3). Por exemplo, o conceito mecanicista de reversibilidade que os alunos trazem para o estudo do equilíbrio químico (11º ano de escolaridade) é frequentemente considerado como uma barreira conceptual para a adequada aprendizagem deste conceito. Tais conotações podem facilmente emergir através de analogias espontaneamente estabelecidas pelos alunos, por exemplo associando reversibilidade com o funcionamento de um guarda-chuva (Cachapuz, 1984), uma analogia claramente inadequada para reflectir o carácter dinâmico da reversibilidade química (ver alternativa possível no Quadro 1). No caso de uma estratégia centrada no aluno, o estabelecimento da analogia bem como a exploração da sua pertinência para o domínio em estudo, devem ser encorajados a nível de pequenos grupos de alunos (3 a 4 elementos) de modo a potenciar interacções linguísticas entre eles, num tempo pré-estabelecido, e através de actividades como p.ex. propor aos alunos completar expressões do tipo "é como se fosse...".

A maior ou menor assistência do professor na fase 3 deverá ter em conta eventuais dificuldades dos alunos estabelecerem adequados raciocínios analógicos, sendo previsível que essa dificuldade diminua gradualmente com a idade (Inhelder & Piaget, 1958). Tal não significa que mesmo alunos da escola primária não possam estabelecer tais raciocínios (ver p.ex. Santos & Gonçalves, 1988), mas tão só que o papel do professor será certamente diferente quando do estabelecimento de conceitos ou relações supraordenadas aos conceitos dos dois domínios de trabalho. Por exemplo, tem sido sugerido (Gentner & Toupin, 1986) que alunos mais jovens tendem a

estabelecer comparações baseadas numa lógica de atributos enquanto que adultos privilegiam uma lógica de relações. Assim, no caso de "uma nuvem é como uma esponja", crianças (5 anos) consideram que ambas são arredondadas e macias enquanto que adultos salientam a possibilidade de ambas poderem reter água por algum tempo tornando a dá-la em seguida (ibidem).

A utilização do modelo proposto não deve esquecer limitações possíveis do uso das analogias, algumas das quais já referidas. Tal discussão deve ter lugar na fase 4. Tal como aconteceu na história das Ciências com determinadas analogias que deixaram de ser úteis - p.ex. até ao séc. XVI os fisiologistas consideravam o coração como uma formalha que aquecia o sangue (Howard, 1989) - também os alunos devem ser ajudados a libertarem-se de analogias que já não são adequadas. Talvez que isso ajude a diminuir o número daqueles que embora usando uma terminologia própria ao modelo atómico de nuvem electrónica utilizam de facto conceitos relativos ao modelo de Bohr/Rutherford.

Conclusão

O tema central deste estudo foi abordar possíveis vantagens do uso da linguagem metafórica no ensino das Ciências bem como dar sugestões sobre o modo como os professores as podem usar. Por certo, é necessário conhecer melhor que analogias são usadas pelos professores e porquê, como são exploradas numa situação de sala de aula e sua importância na aprendizagem dos alunos. O modelo de ensino assistido por analogias apresentado, ainda que tentativamente formulado, é uma maneira possível de contribuir para dar respostas a essas questões. Resultados preliminares de investigação (Cachapuz & Oliveira, 1990) sugerem que o uso de estratégias centradas no aluno é quase inexistente e as fases 3 e 4 do modelo proposto são inadequadamente seguidas, nalguns casos mesmo ignoradas.

Assim, é necessário encetar esforços, quer a nível da formação inicial quer a nível da formação contínua dos professores de Ciências, tendo em vista sensibilizar professores e futuros professores para estimularem nas suas aulas o uso pelos alunos de linguagem não na produção de "ruídos científicos" mas sim valorizando aspectos especulativos e criativos que estão na base da construção do conhecimento científico. Um adequado uso da linguagem metafórica nas aulas de Ciências pode ajudar um tal objectivo. Pode também ter a vantagem de as tornar mais variadas e motivantes.

NOTAS

(1) Ciências, aqui consideradas no sentido restrito de conhecimento da natureza, envolvendo uma história, um método de investigação e uma comunidade de investigadores (Kneller, 1980).

(2) Ver a este respeito o interessante estudo de Calado (1989) sobre a Físico-Química na

poesia, onde se fala de cientistas poetas (ex. Davy) e poetas cientistas (ex. Goethe).
(3) No que se segue, e salvo menção específica, o termo analogia designará indiferentemente analogias ou metáforas.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267 - 272.
- Association for Science Education (ASE) (1980). *Language in Science*. Study series nº 16. Hatfield: ASE.
- Bachelard, G. (1972). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J.Vrin.
- Black, M. (1962). *Models and Metaphors*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Brown, D. & Clement, J. (1989). *Overcoming misconceptions via analogical reasoning: factors influencing understanding in a teaching experiment*. Comunicação apresentada no Encontro da American Educational Research Association, San Francisco.
- Burns, J. & Okey, J. (1985). *Effects of teachers' use of concrete analogies on achievement of high school biology students with varying levels of prior knowledge and cognitive ability*. Comunicação apresentada no Encontro Anual da National Association for Research in Science Teaching, French Lick Springs.
- Cachapuz, A. (1984). *Word meaning and chemistry learning: an investigation of the use of word association tests in chemistry lessons*. Tese de doutoramento, University of East Anglia, England.
- Cachapuz, A. & Oliveira, T. (1990). *Metaphorical language, science teaching and the initial training of Portuguese science teachers: what's missing?* Artigo submetido para apresentação na Conferência Teacher Education in Europe: the challenges ahead, Glasgow.
- Calado, J. (1989). A Físico-Química da Literatura. *Revista de Ciências, Tecnologia e Sociedade*, 7/8, 4 - 13.
- Dreistadt, R. (1968). An analysis of the use of analogies and metaphors in science. *The Journal of Psychology*, 68, 97-116.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Flick, L. (1989). *Teaching elementary children an analogy operationalizes their descriptions of the states of water*. Comunicação apresentada no Encontro Anual da National Association for Research in Science Teaching, São Francisco.
- Gentner, D. & Toupin, C. (1986). Systematicity and Surface Similarity in the Development of Analogy. *Cognitive Science*, 10, 277-300.
- Gilbert, S. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (4), 315-327.
- Glynn, S., Britton, B., Cliekeman, M. & Muth, D. (1989). Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks. In Glover, J. (Ed.). *Handbook of Creativity*. New York: Plenum.
- Glynn, S., et al. (1989). *Teaching science concepts with analogies*. Comunicação apresentada no Encontro anual da National Association for Research in Science Teaching, São Francisco.

- Healey, V. (1989). The effects of advance organizer and prerequisite knowledge passages on the learning and retention of science concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (7), 627 - 642.
- Howard, R. (1989). Teaching science with metaphors. *School Science Review*, 70 (252), 100 - 103.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Kneller, G. F. (1980). *A Ciência como Actividade Humana*. Rio de Janeiro: Zahar Ed..
- Koestler, A. (1964). *The Act of Creation*. New York: MacMillan.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By..* Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Marland, M. (1977). *Language across the curriculum*. London: Heineman.
- Ortony, A. (1975). Why metaphors are necessary and not just nice. *Education Theory*, 25, 45-53.
- Santos, B. S. (1989). *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Porto: Ed. Afrontamento.
- Santos, S. & Gonçalves, O. (1988). Construção de metáforas e formação psicológica dos professores. *Revista Portuguesa de Educação*, 1(1), 63 - 77.
- Sternberg, R., & Rifkin, B. (1979). The development of analogical reasoning processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 27, 195 - 232.
- Strube, P. (1989). The notion of style in physics textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 291 - 299.
- Sutton, C. (1978). *Metaphorically speaking. The role of metaphor in teaching and learning science*. Occasional paper, science education series, University of Leicester, England.
- Sutton, C. (1981). *Metaphorical imagery*. Occasional paper, science education series, University of Leicester, England.
- Sutton, C. (1982). The language of science. In Sutton, C. & West, L. (Ed.). *Investigating children's ideas about science: report and analysis of a research seminar*. Leicester: University of Leicester.
- Teixeira, M. & Martins, A. (1989). *Nova Química. 9º ano*. Lisboa: Areal Ed.

LANGAGE METAPHORIQUE ET ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Résumé - Cette étude se rapporte à la problématique de l'utilisation du langage métaphorique dans l'enseignement des sciences au niveau secondaire. Son but est la mise en valeur de la fonction interprétative du langage. L'étude met particulièrement en évidence les métaphores et les analogies, tout en discutant l'importance des exemples typiques d'analogies existantes dans les manuels scolaires, notamment ceux de Chimie. On propose un modèle d'enseignement assisté par des analogies et organisé selon quatre phases séquentielles, dont la mise en oeuvre peut se faire selon deux stratégies limites: stratégie centrée sur le professeur et stratégie centrée sur l'élève. On donne des suggestions sur la façon dont les professeurs peuvent gérer ce modèle et on discute des implications de cette problématique dans la formation des professeurs de sciences.

METAPHORICAL LANGUAGE AND SCIENCE TEACHING

Abstract - This study highlights the need for a wider use of metaphorical language in science teaching in particular for ideational purposes. Typical examples of metaphors and analogies used in chemistry textbooks (secondary level) are presented and their potential adequacy discussed. A four step model of analogy-assisted teaching is tentatively proposed and two possible strategies for its implementation are discussed: a teacher centered strategy and a learner centered strategy. Comments are made about the possible use of such a model by classroom teachers. Recommendations concerning the training of science teachers are presented.

TEORIA DOS ESTÁDIOS E ENSINO DAS CIÊNCIAS Algumas reflexões

Manuel Sequeira & Maria da Conceição Duarte
Universidade do Minho, Portugal

Resumo - Em muitas discussões acerca do significado da teoria de Piaget para a educação em ciências, a ênfase principal é posta nos estádios de desenvolvimento cognitivo, seja numa perspectiva de defesa intransigente ou de crítica incisiva. Mas, a teoria de Piaget não poderá ter um significado educacional muito mais amplo? Tendo por referência algumas das problemáticas mais actuais da investigação em ciências, neste trabalho procurar-se-á apresentar algumas das críticas feitas à teoria de Piaget e questionar possíveis significados educacionais dessas críticas, bem como aspectos mais abrangentes da teoria que têm a ver com a própria essência da epistemologia de Piaget e a visão construtivista e relativista do conhecimento que nos apresenta.

Tanto o nome de Jean Piaget como alguns dos aspectos fundamentais do seu trabalho estão hoje tão amplamente difundidos que se vem tornando quase um lugar comum as referências à sua teoria nos mais diversos contextos. A nível educacional a teoria de Piaget é muitas vezes referida como responsável pelo surgir de um novo paradigma no ensino das ciências. Embora alguns autores considerem que o trabalho de Piaget não possui implicações significativas para a prática educativa (Ausubel, 1978), poucas pessoas discutirão a influência desse trabalho no currículo e ensino das ciências na escola primária e, mais recentemente, na escola secundária (Driver, 1982). São exemplos dessa influência alguns currículos de ciências, como o SCIS (Science Curriculum Improvement Study) na América, Science 5/13 na Inglaterra e o ASEP (Australian Science Education Project) na Austrália. Segundo Driver (1982), esta influência situou-se especialmente a dois níveis: a um nível mais compreensivo onde as conclusões de Piaget são utilizadas como referenciais quer na pedagogia quer no conteúdo do currículo; e a um outro nível onde os princípios gerais da teoria são usados para guiar a pedagogia (por ex., adoptar uma visão activa de aprendizagem e tentar adaptar os tipos de experiências dados às crianças ao modelo geral de crescimento

cognitivo delineado por Piaget).

Efectivamente, muitos educadores vêm nos escritos de Piaget uma base coerente para a construção do currículo na medida em que fornece orientação, do ponto de vista psicológico, para questões como: que material incluir, como deve ser ordenado, como pode ser ensinado, etc.

Mas a influência do trabalho de Piaget não se tem feito sentir apenas a nível educacional. Como afirma Klausmeier, "embora o trabalho de Piaget tenha sido ignorado pelos psicólogos americanos até aos anos 60, em parte pelos métodos de pesquisa que usou e, em parte, porque o clima de opinião que prevalecia era desfavorável às suas ideias, tem sido, nas últimas décadas, uma das principais fontes para as investigações dos psicólogos do desenvolvimento" (Klausmeier & Goodwin, 1977, p. 160).

O enorme volume e interesse dos estudos de Piaget, alguns dos quais têm sido extensivamente repetidos, tornaram-no uma figura de culto que atrai os mais fervorosos admiradores e os críticos mais radicais. Como refere Pozo (1987), as críticas formuladas à teoria piagetiana constituem quase um tópico na psicologia evolutiva actual. Não é de admirar, portanto, que na literatura abundem a par da descrição de trabalhos cujos resultados parecem confirmar alguns dos pressupostos básicos da teoria piagetiana, outros cujos resultados parecem contradizer tais pressupostos (Lovell, 1979). As críticas mais relevantes, sustentadas com um considerável apoio empírico, situam-se ao nível dos estádios gerais de desenvolvimento cognitivo. A este respeito são esclarecedoras as opiniões de autores como Ausubel, Novak e Hanesian (1978) e Carretero (in Pozo, 1987), quando afirmam, respectivamente, "a delineação, feita por Piaget, de etapas qualitativamente distintas do desenvolvimento intelectual tem sido um poderoso estímulo para as pesquisas nesta área, assim como uma fonte eterna de controvérsias teóricas" (p. 187) e "a teoria piagetiana pretendeu formalizar os processos mentais mediante estruturas lógicas e nesta tentativa encontrou o seu calcanhar de Aquiles" (p. 10).

Vejamos, antes de apresentar e analisar algumas destas posições críticas, os fundamentos básicos da teoria de Piaget.

Teoria Desenvolvimentista de Piaget

A teoria de Piaget assenta em algumas noções essenciais que resumimos do seguinte modo:

- A estrutura cognitiva dos indivíduos desenvolve-se sob a influência da maturação e experiência;
- O desenvolvimento ocorre através de uma série de estádios, sendo cada estágio construído e desenvolvido a partir do estágio anterior, embora seja caracteristicamente diferente dele. Este desenvolvimento é sequencialmente invariante do período sensório-motor às operações formais, apesar de poderem ser encontradas diferenças entre indivíduos da mesma idade ou entre culturas.
- O mecanismo de desenvolvimento inclui assimilação e acomodação de novas experiências na estrutura cognitiva do indivíduo. Este é activo neste processo, e para que ocorra desenvolvimento cognitivo deve construir os seus conceitos a partir

das experiências.

- O desenvolvimento de conceitos individuais, em diferentes contextos, é restringido pela natureza da estrutura cognitiva subjacente do indivíduo. Uma pessoa que demonstra não poder operar, senão a um nível concreto, num ou dois contextos, não poderá operar a um nível mais elevado noutros contextos; a pessoa que demonstra a capacidade de manipular termos abstractos, pensar formalmente, num ou dois contextos, é potencialmente mais capaz de o fazer em todos os contextos (Piaget, 1977 a, e b, 1980).

Em suma, Piaget (1977) considera que os indivíduos, sendo organismos biológicos activos, interactivam continuamente com o seu ambiente. Através desta interacção obtêm conhecimento sobre os objectos externos, sobre si próprios e sobre as relações entre si e os objectos. É esta contínua interacção com o ambiente que vai determinar o aparecimento e desenvolvimento de estruturas cognitivas que constituem a base dos estádios de desenvolvimento. Ou seja, cada pessoa isolada desenvolve, durante a maturação e através da experiência, a capacidade mental de lidar com formas de conhecimento progressivamente difíceis. O grau de maturação varia entre os indivíduos, mas o mesmo percurso deverá seguir-se no desenvolvimento através de uma sequência hierárquica - os estádios de desenvolvimento.

Há vários investigadores que têm sido muito críticos em relação à formulação e caracterização piagetiana dos estádios de desenvolvimento cognitivo, especialmente os respeitantes à dimensão concreto-abstracta. Distinguiremos duas linhas, em nossa opinião diferentes, em que assentam as críticas.

Estádios de Desenvolvimento Cognitivo—Principais Críticas

A - Algumas das críticas mais frequentes feitas aos estádios de desenvolvimento cognitivo, preconizados por Piaget, vêm de investigadores que se podem considerar como desenvolvimentistas. Estes autores, embora neguem a validade dos estádios designados por Piaget, estão, em geral, de acordo com as formulações mais recentes deste psicólogo a respeito das etapas invariantes do desenvolvimento cognitivo. Eles diferem das posições de Piaget não tanto em termos de identificação de uma sequência evolutiva por etapas, mas na especificação dos níveis etários para cada etapa e nas propriedades distintivas das várias etapas. Consideram existir uma maior variabilidade intra-etapa e uma menor generalidade intersituacional e intertarefa.

Ausubel et al. (1978) sistematizam, do seguinte modo, as principais discordâncias:

- a) a transição entre os estádios das operações concretas e operações formais ocorre gradualmente e não abruptamente;
- b) existe uma variabilidade entre diferentes culturas, e dentro de uma determinada cultura com respeito à idade em que ocorre a transição;
- c) ocorrem flutuações, ao longo do tempo, no nível de funcionamento cognitivo manifestado por uma determinada criança;
- d) no mesmo indivíduo a transição para o estágio formal pode ocorrer em idades

diferentes, tanto para áreas de conhecimento diferentes como para as sub-áreas de um campo particular;

e) factores ambientais, assim como endógenos, têm uma influência demonstrável sobre a taxa de desenvolvimento cognitivo; (in Ausubel, NovaK & Hanesian, 1978, p. 188).

Há resultados de estudos empíricos que parecem apoiar algumas destas discordâncias.

Eylon e Linn (1988) comprovaram que muitas pessoas retêm, ao longo da vida, perspectivas concretas acerca dos fenómenos, enquanto que crianças jovens podem utilizar raciocínio marcadamente abstracto na resolução de alguns problemas.

Num estudo realizado por Berzonsky (1971), variáveis como a familiaridade com o assunto e situações que envolviam mau funcionamento dos objectos versus bom funcionamento, mostraram ter um efeito significativo no raciocínio causal das crianças.

A este propósito, Pozo (1987) diz existir um sério repto para a ideia piagetiana de que a causalidade não é possível antes do pensamento concreto. Repto que se coloca, na opinião do mesmo autor, com muitas outras noções concretas que parecem alcançar-se antes do que supunha Piaget e que poderá pôr em causa a própria noção de estágio. Sobre a mesma problemática, Jonh Head (1985) considera que embora alguns conceitos sejam inerentemente mais difíceis do que outros, a compreensão é influenciada pela experiência pessoal. E, em reforço desta ideia, cita estudos realizados com crianças que contribuíam para a economia familiar substituindo óleo de carros, onde o conceito de classificação era atingido numa idade muito mais precoce do que a análise piagetiana sugere.

A crítica mais fundamentada que vem sendo feita à teoria piagetiana dos estádios assenta, sobretudo, na minimização que o autor terá feito do papel do conteúdo no desempenho de uma tarefa. Segundo Carretero, toda a investigação dos anos 70 e 80, quer seja neopiagetiana ou simplesmente pós-piagetiana, tem demonstrado que não se pode falar de pensamento dos sujeitos à margem do conteúdo dos problemas (Carretero, in Pozo, 1987).

É já considerável o número de investigações que se centra à volta desta problemática. A existência das chamadas "décalages", que se prendem com o facto de se encontrarem indivíduos em diferentes estádios de desenvolvimento relativamente a tarefas de estrutura semelhante e conteúdo diferente, está em contradição com a ideia piagetiana de estádios gerais e universais, independentes do conteúdo. Este problema terá mesmo preocupado Piaget, levando-o, na opinião de alguns autores, a reformular, ou "retocar", a sua teoria ao aceitar a influência do conteúdo na solução de problemas formais (Pozo, 1987). Para outros, Piaget discutiu as "resistências" devidas ao conteúdo mas não incluiu esta influência na sua formulação teórica porque supôs que não era sistemática (Linn, Clement & Pulos, 1983).

Em apoio da hipótese de que, ao contrário do que pensava Piaget, o conteúdo influencia de modo sistemático o desempenho, diferentes investigadores apresentam resultados de estudos empíricos e avançam explicações teóricas alternativas à explicação piagetiana.

Vejamos algumas delas.

Lautrey (1979) refere estudos levados a cabo com jovens dos 9 aos 19 anos onde foi analisada a problemática das "décalages" inter e intra estádios. Os resultados obtidos, relativamente às cinco tarefas piagetianas testadas, foram os seguintes:

- apenas 16% dos indivíduos revelou estar no mesmo estágio, relativamente às diferentes tarefas;
- 46% dos indivíduos apresentavam afastamentos de um estágio;
- 33 % dos indivíduos, afastamentos de dois estádios;
- 4% dos indivíduos, afastamentos de três estádios;
- 1% dos indivíduos, afastamentos de quatro estádios;
- num espaço de seis meses a maior parte dos alunos tinha regredido um ou dois estádios;

Ao analisar e tentar interpretar estes e outros dados que apontavam para uma grande variabilidade intra-estádio num mesmo indivíduo, o autor considera que eles levantam uma questão teórica que se prende com a unicidade (como propõe Piaget) ou a pluralidade (como parecem indicar as "décalages" individuais) das vias de desenvolvimento. E vai mesmo ao ponto de afirmar que, em última análise, esta variabilidade intra-individual põe a teoria piagetiana em questão sobretudo no modo como explica a interacção das estruturas cognitivas com os conteúdos sobre as quais se constroem. Num artigo posterior, o mesmo autor (Lautrey, 1980), atribui esta variabilidade do nível operatório de um indivíduo não a causas aleatórias, mas antes a causas psicológicas que poderão ser explicadas "pelo modo particular que assume a interacção entre os aspectos figurativo e operativo em indivíduos de culturas diferentes" (p. 698).

Um outro investigador que se tem debruçado sobre a mesma problemática (Carretero, in Pozo, 1987), considera que os dados acumulados com respeito à solução de tarefas formais, causais ou não, mostram claramente que o pensamento formal não está generalizado entre os adolescentes e adultos, tal como Inhelder e Piaget supunham. E refere serem muitas as investigações que mostram que o conteúdo é uma variável determinante da actuação dos sujeitos em tarefas formais. Na sua opinião, Piaget debilitou a sua própria formulação de pensamento formal ao admitir que este se mostrava de modo diferente em tarefas familiares e não familiares.

A posição teórica de Carretero parece-nos ser coincidente com a de Lautrey, ao considerar que a capacidade operatória formal não constitui uma estrutura de conjunto, mas antes diversas estratégias cognitivas apropriadas para a solução de problemas, as quais não parecem adquirir-se de forma unitária. A forma como se refere à influência do conteúdo da tarefa, pressupõe ter que distinguir competência de actuação formal.

Na mesma linha de pensamento parecem estar Linn et al (1983), quando se apoiam nos resultados de diversos estudos empíricos para sugerir que as expectativas dos sujeitos acerca dos resultados da tarefa influenciam o raciocínio. Os autores avançam a seguinte conclusão: "...as expectativas podem explicar os efeitos do conteúdo no raciocínio;...estratégias de raciocínio, tais como a de controlar variáveis,

podem desempenhar um papel menor do que o conteúdo, ao contrário do que Piaget e Inhelder sugeriram" (p. 757)..

Num artigo posterior, Eylon e Linn (1988) referem estudos de autores desenvolvimentistas, onde foi analisado o efeito de variáveis como "a capacidade mental" (memória operativa), "o conhecimento do aprendiz sobre o tópico" e "o contexto do raciocínio". Os dados relativos à primeira variável demonstraram que variando as exigências de problemas com controlo de variáveis (aumentando o número de variáveis a serem consideradas simultaneamente), há mudanças na capacidade para resolver problemas. Relativamente ao efeito da segunda variável (conhecimento científico do aprendiz relacionado com o tópico), os autores referem que alguns alunos ao planificarem experiências tendiam a controlar as variáveis que pensavam ser as mais importantes e a ignorar as outras. Os estudos sobre o efeito da terceira variável, contexto do raciocínio, mostraram que os indivíduos modificavam as experiências para incluir crenças acerca dos resultados que eram mais desejados.

Os mesmos autores relatam, ainda, experiências de ensino/aprendizagem bem sucedidas onde se controlou cuidadosamente o efeito das variáveis acima referidas. Tal facto veio reforçar a ideia, já anteriormente expressa, de que o raciocínio abstracto pode variar mais em função da exigência de memória operativa do que do desenvolvimento.

Um dos autores destas investigações analisa, da seguinte forma, as divergências relativamente ao pensamento de Piaget: "O seu interesse nos esquemas mais do que na informação processada, levou-o a olhar sobretudo para quando o esquema é usado para todas as variáveis e não para que variáveis o esquema é utilizado. Esta ênfase nos esquemas, mais do que na informação processada, está em contraste com a nossa investigação (Linn, 1980, p. 436).

Em suma, nesta linha apelidada de neo-piagetiana, a demarcação mais significativa da posição assumida por Piaget está na importância conferida ao conteúdo e contexto da tarefa como factores determinantes no raciocínio subsequente.

Tais divergências têm, como adiante se analisará, implicações a nível do processo de ensino/aprendizagem.

B - Uma outra corrente, porventura mais radical relativamente à "teoria dos estádios" de Piaget, defende que os resultados da aprendizagem dependem fundamentalmente das experiências de ensino fornecidas e da estrutura conceptual do aprendiz. Novak (1981), com base na revisão de mais de 400 estudos em Educação (ver pp. 208 a 216), repudia a teoria das etapas invariantes do desenvolvimento cognitivo e sustenta que o principal factor limitante de novas aprendizagens é a quantidade e qualidade dos conceitos que o indivíduo possui. Esses conceitos, segundo o autor, estão relacionados com a idade de um modo experiencial mais do que de um modo desenvolvimentista.

Para Novak (1981), os estádios propostos por Piaget têm valor descritivo para caracterizar estados modais do grau de diferenciação cognitiva, mas "é enganador e não parcimonioso ver estes períodos como episódios únicos na ontogenia do desenvolvimento do cérebro" (p.188). E acrescenta, "vemos no pontos de vista de Piaget uma espécie de préformacionismo psicológico".

Em apoio das ideias defendidas por Novak e outros investigadores, estudos realizados nos últimos anos parecem evidenciar que o raciocínio individual é mais baseado em teorias causais que as crianças mantêm, em expectativas de causa e efeito do que em argumentos lógicos. Segundo Driver (1982), tais estudos sustentam a visão de que são essas teorias causais que estruturam as percepções das crianças e influenciam a aprendizagem.

É nestes pressupostos que se vem apoiando, de há uma década a esta parte, uma das mais importantes áreas de investigação em educação científica e que está relacionada com as chamadas "concepções alternativas" (Driver & Easley, 1978). Tais "concepções alternativas" são construídas pela criança, através da interacção com o mundo físico e social, para dar resposta a muitas das situações problemáticas que se lhe apresentam no dia-a-dia. E, porque são resultantes de múltiplas experiências da criança, revelam-se perfeitamente funcionais podendo constituir verdadeiras estruturas conceptuais que possibilitam à criança uma visão coerente do mundo que a rodeia.

A verificação, através de numerosos estudos experimentais, da persistência de muitas concepções alternativas, mesmo após o ensino repetido de conteúdos científicos, tem levado alguns autores a considerá-las como um dos factores mais determinantes no processo de ensino/aprendizagem das ciências. Nesta linha de pensamento, os conhecimentos que o aluno já possui (onde estão incluídas as suas concepções alternativas), quando chega à situação de aprendizagem, constituem um factor mais importante no sucesso da aprendizagem do que o nível de desenvolvimento do aluno.

Estádios de Desenvolvimento Cognitivo—Uma visão reducionista da teoria de Piaget

Procurámos, no ponto anterior, apresentar algumas das críticas que vêm sendo feitas à teoria de Piaget, mais concretamente, aos estádios de desenvolvimento cognitivo.

Na perspectiva de educadores de ciências, que é aquela em que nos colocamos, não podemos deixar de levantar algumas questões que se prendem com as implicações que algumas dessas críticas poderão ter quer a nível da consideração das prioridades da educação científica, quer a nível da própria prática pedagógica. Vejamos a título de exemplo:

O objectivo da educação científica é essencialmente contribuir para o desenvolvimento da inteligência, como se depreende da posição piagetiana, ou o de contribuir para o desenvolvimento de uma estrutura conceptual que o individuo pode usar para dar sentido às suas experiências e acontecimentos do dia-a-dia?

Devemos esperar até que os nossos alunos estejam "prontos" para a introdução de uma ideia que envolva uma determinada estrutura lógica, como fará um professor numa linha estritamente piagetiana, ou interpretamos o nosso papel de educadores ajudando o desenvolvimento dessa estrutura lógica a partir de um contexto apropriado de ensino da ciência (Driver, 1982)?

A comprovação da existência de "décalages", quer em extensão, quer em

compreensão, admitidas pelo próprio Piaget (1980), e, conseqüentemente, a impossibilidade de estabelecer estádios gerais (salvo durante os dois ou três primeiros anos de existência), coloca-nos a questão de decidir se, no contexto educacional, a ênfase deverá ser posta na determinação do grau de desenvolvimento cognitivo dos alunos e avaliação do nível de exigência cognitiva do currículo (como propõem Shayer & Adey, 1981) ou nos conhecimentos que o aluno já possui, no grau de diferenciação de conceitos especificamente relevantes da estrutura cognitiva do aluno (como propõem Ausubel et al., 1978 e Novak, 1981).

Até que ponto as estratégias cognitivas de uma pessoa estão apenas limitadas pela experiência anterior, que pode ser compensada, ou por um estádio de desenvolvimento mental que não pode ser modificado?

Não é indiferente, sob o ponto de vista educativo, pôr a ênfase numa ou outra das alternativas. Este deslocamento da forma para o conteúdo, dos processos de raciocínio para a representação do conhecimento dos alunos, constitui, na opinião de alguns autores, uma verdadeira mudança paradigmática no ensino/aprendizagem das ciências. Mudança onde o paradigma piagetiano, que dominou a educação em ciências nos anos 70, dará lugar ao paradigma construtivista onde assume especial importância toda a problemática relacionada com as concepções alternativas.

O levantamento de algumas implicações educacionais suscitadas por certas críticas feitas à teoria dos estádios de Piaget, e que merecem a nossa reflexão, não nos impede, contudo, de tecer algumas considerações acerca do valor, também a nível educacional, que o seu trabalho nos parece encerrar.

Ao nível mais simples, o trabalho de Piaget oferece descrições do comportamento cognitivo das crianças que tem importância directa para os educadores de ciências, pois muitas das tarefas são baseadas em fenómenos naturais. Os resultados desses estudos, para além de fornecerem uma descrição detalhada das ideias e forma de pensamento de crianças de diferentes idades, têm constituído o ponto de partida de muitas investigações em educação científica, nomeadamente em linhas que se demarcam das posições piagetianas, como a de investigação das concepções alternativas. Driver (1982) manifesta a sua opinião sobre a contribuição dos estudos de Piaget para a educação em ciências, dizendo: "a sua principal contribuição, e a mais importante, é a documentação das respostas dos alunos numa larga variedade de tarefas, muitas das quais são relevantes para a ciência" (p.72).

Da mesma opinião partilha Carretero (in Pozo, p. 9) quando, ao referir-se à teoria de Piaget e tentando equacionar a sua importância para a educação, afirma que um dos méritos mais reconhecidos da teoria de Piaget foi a de ter elegido como tarefas experimentais um conjunto de situações de enorme interesse, utilidade e significado.

Um outro aspecto também a salientar é o relativo à identificação de esquemas, como por exemplo classificação, ordenação e o uso de pensamento hipotético-dedutivo que, em nossa opinião, são importantes nos processos de inquérito científico e assumem importância, ainda que contextual, no processo de ensino/aprendizagem das ciências. Mas, a par dos aspectos acima referidos, a proposta de Piaget de que o conhecimento é construído, de que o aluno é construtor activo do seu próprio conhecimento, talvez seja a sua maior contribuição para a prática educacional e que "revolucionou" (nas

palavras de Lauro de Oliveira Lima, 1980), profundamente todas as ciências do homem.

Não foi nosso objectivo discutir em pormenor a pertinência das críticas que são formuladas aos estádios piagetianos. Embora Ausubel et al. (1978) desmontem, de uma forma bastante objectiva, muitas dessas críticas (ver pp. 189 a 191) e considere que a "solução dos desentendimentos é impedida principalmente pelos pressupostos não justificados e gratuitos de muitos dos críticos" (p. 188), não é fácil uma análise imparcial, sobretudo porque a evidência empírica ainda é bastante conflituante. Contudo, face a tudo o que anteriormente se disse não podemos deixar de nos interrogar: qualquer ataque ou defesa do modelo piagetiano não devia centrar-se mais na sua base epistemológica do que no nível mais superficial da "teoria dos estádios" (Lovell, 1979) ?

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. P., Novak, J.D. & Hanesian, H.(1978). *Psicologia Educacional*, Rio de Janeiro: Editora Interamericana,Lda.
- Berzonsky,M. D.(1971). The role of familiarity in children's explanations of physical causality, *Child Development*, 42, 705s-715.
- Driver, R. & Easley, J.(1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development of adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5,, 61-84.
- Driver,R.(1982). Children's learning in science. *Educational Analysis*, 4 (2), 69-79..
- Eylon, B. & Linn, M., (1988). Learning and Instruction: An Examination of Four Research Perspectives in Science Education. *Review of Educational Research*, 58 (3), 251- 301.
- Head, J.,(1985). *The personal response to science*. Cambridge: University Press.
- Klausmeier, H. J, (1977). *Manual de Psicologia Educacional*. São Paulo: Editora Harper & Row Lda.
- Lautrey, J., (1980). La variabilité intra-individuelle du niveau de developpement opératoire et ses implications théoriques. *Bulletin de Psychologie*, tome XXXIII, no 345, 685- 696.
- Lautrey, J., (1979). Théorie opératoire et tests opératoires. *Revue de Psychologie Appliquée*, 29 (2), 161-177.
- Linn, M. C., (1980). When do Adolescents Reason. *European Journal of Science Education*, 2 (4) 429-440.
- Linn, M. C., Clement, C. & Pulos, s., (1983). Is it Formal if it's not Physics? (The influence of content on formal reasoning). *Journal of research in Science Teaching*, 20 (8), 755- 770..
- Lovell, K., (1979). The relevance of Cognitive Psychology to Science and Mathematics Education in Archenhold, W.F., Driver, P., Orton, A. & Wood-Robinson, C. (Eds), *Proceedings of an International Seminar - Cognitive Development Research in Science and Mathematics*. The University of Leeds.
- Novak, J. D., (1981). *Uma Teoria da Educação*, S. Paulo: Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais.
- Piaget, J., (1977) a. *Seis Estudos de Psicologia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Piaget, J., (1977) b. *O Desenvolvimento do Pensamento*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Piaget, J., (1980). *Psicologia e Pedagogia*, Rio de Janeiro: Editora Forense Universitaria Lda.

Pozo, J. I., (1987). *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor Libros.
Shayer, M. & Adey, P., (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. London: Heinemann

THEORIE DES STADES ET ENSEIGNEMENT DES SCIENCES - quelques réflexions

Résumé - Dans bien des discussions concernant la signification de la théorie de Piaget pour l'éducation en sciences, on met l'emphase sur les stades du développement cognitif, dans une perspective de défense ou de critique incisive. Mais, la théorie de Piaget ne peut-elle pas avoir une autre signification beaucoup plus ample en éducation?

Ayant comme référence quelques-unes des problématiques les plus actuelles de la recherche en sciences, on essaie, dans ce travail, de présenter quelques critiques tissées à la théorie de Piaget et questionner des significations possibles de ces critiques en éducation, ainsi que les aspects plus amples de la théorie qui concernent l'essence même de l'épistémologie de Piaget et la vision constructiviste et relativiste de la connaissance qu'il nous présente.

SOME THOUGHTS ON THE THEORY OF STAGES AND SCIENCE TEACHING

Abstract - In discussions about the significance of Piaget's theory for science education, emphasis tends to be placed on the cognitive development stages, which are either intransigently defended or severely criticised. But, is it not possible that Piaget's theory may reveal a different, wider educational significance?

With reference to some recent issues in science research, the present work presents some of the criticisms in education, as well as of other broader aspects of the theory, concerning the very essence of Piaget's epistemology and the constructivist and relativist view of knowledge it presents to us.

A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E A DIDÁCTICA ESPECÍFICA: UMA PERSPECTIVA DE MUDANÇA DAS CONCEPÇÕES DE ENSINO.

João Praia
Universidade do Porto, Portugal

Resumo - A didáctica específica deve ser uma área privilegiada na formação de professores de Ciências, mobilizando, em particular, as vertentes epistemológica e de aprendizagem. Referem-se investigações em educação em Ciência, que questionam o ensino realizado ao nível da sala de aula, pondo em causa as propostas curriculares que têm dado ênfase às doutrinas empiristas e indutivistas. Na vertente de aprendizagem referem-se investigações que têm como enfoque a mudança conceptual. São levantadas algumas limitações que deverão ser objecto de reflexão e de preocupação na investigação educacional. São citadas investigações que evidenciam algumas das concepções de ensino que os professores possuem (paralelismo com as concepções alternativas dos alunos), bem como as dificuldades em mudar tais concepções. O balancear entre a teoria praticada e a prática teorizada é apresentado como uma orientação capaz de confrontar as concepções de ensino dos professores, projectando novas orientações para a sua formação.

O trabalho que se apresenta procura evidenciar que a formação de professores tem uma estreita ligação com a própria aprendizagem e formação dos alunos, partindo da ideia de que estes são sujeitos e elementos vitais de construção e de transformação da sua própria realidade.

Comungamos, também, da ideia que a formação de professores é um eixo estratégico de um sistema de ensino, uma importante vertente para a mudança. Dela depende, por isso, o êxito do próprio sistema educativo e em última análise, a sociedade.

Pese embora não se possam descuidar outras componentes na formação de professores, que decorrem das suas funções de agentes de transformação social, deve ter-se sempre presente que os professores e os alunos são respectivamente os principais destinatários e os mais directamente beneficiados pela melhoria da qualidade da formação e do ensino.

Parece-nos ser ao nível da sala de aula que as competências do professor mais intensamente se poderão fazer sentir e mais consequências directas poderão ter no

desenvolvimento cognitivo, afectivo e sócio-moral dos alunos. É aí, nesse espaço privilegiado de relação educativa que se joga decisivamente o futuro da vida dos alunos. Para tal atribuímos ao papel do professor na sala de aula um grande significado e exigimos um elevado grau de eficácia na sua formação.

Assim e no quadro do presente trabalho, a formação de professores deve ser cada vez mais orientada para o processo de ensino-aprendizagem e a investigação educacional dever-se-á centrar na sala de aula e nas práticas dos professores.

"O professor das Metodologias de Ensino tem então de assumir uma postura interdisciplinar. Tem de manter-se atento por um lado ao conhecimento científico da disciplina ou área de ensino, aos seus constructos, à sua organização, às relações que pode estabelecer com outras áreas e aos processos de construção desse conhecimento, e por outro ser conhecedor dos modos como se selecciona, processa e organiza a informação no nosso cérebro, como resolvemos problemas (os inexperientes e os especialistas), como tomamos decisões e de um modo geral como organizamos as estratégias e definimos tácticas para realizar uma dada tarefa" (Valente, 1988).

A Didáctica Específica, neste contexto, como área disciplinar privilegiada para a transferência e aplicação dos conhecimentos mobilizados na ligação entre a teoria e a prática, deve conter no seu curriculum de formação nomeadamente, as vertentes epistemológica e de aprendizagem.

Esta situação exige-nos uma nova concepção de ensino.

Estamos convictos que o professor que compreenda as bases filosóficas da ciência e as incorpore no seu ensino, está em melhores condições de através de resolução de problemas (científicos e do quotidiano), atingir os objectivos preconizados para a educação em ciência. Procura-se, em última análise, atingir um entendimento mais correcto da metodologia do trabalho de investigação dos próprios cientistas. Porém, não se trata de fazer ciência, mas tão só de aprender e de ensinar ciência. Pretende-se obter uma imagem mais realista da actividade científica através de "o" método científico.

Cabe aqui referir, sem sermos exaustivos, autores como Maskill e Wallis (1982), Finley (1983), Phillips (1985), Perez (1986), Hodson (1985, 1988), Luken (1988), cujas investigações questionaram o ensino da ciência, nomeadamente no desenvolvimento do curriculum ao nível da sala de aula. Fazem-no evocando o papel da ciência e a sua metodologia à luz das actuais propostas dos filósofos da ciência, em particular Popper, Kuhn e Lakatos.

Os trabalhos daqueles investigadores educacionais partem genericamente da ideia que há uma aceitação precária, duvidosa, das propostas do empiricismo indutivo, situação inconsistente com o modo como os indivíduos interactivam com o seu ambiente. Recentes filósofos referiram que processos fundamentais como a observação, estão dependentes do conhecimento conceptual do observador e que esse conhecimento varia de disciplina para disciplina e também dentro da mesma disciplina. Os métodos e processos nessa(s) disciplina(s) devem ser, assim, diferentes.

Trata-se de os educadores de ciência deverem reconhecer que o conhecimento conceptual guia os processos científicos e não resulta deles, assim como os processos científicos têm de ser confinados ao contexto. O que está em jogo é aprender a "pensar cientificamente", como objectivo central do ensino das ciências; sendo isto verdade

parece existir uma insatisfação no que respeita a tal expectativa.

Por outro lado importa ter em conta que a história da ciência é uma história de transformação conceptual, em que as várias concepções do mundo orientam as nossas percepções, observações e interpretações. Daí que o construtivismo filosófico se imponha hoje, partindo da ideia que o conhecimento não pode ser transmitido directamente. As dificuldades encontradas pelos alunos são, muitas vezes, devidas a eles próprios não conseguirem ultrapassar obstáculos na mudança das suas próprias concepções, à "semelhança" dos obstáculos epistemológicos dos cientistas.

Um dos aspectos mais salientes acerca das concepções das crianças e das suas ideias prévias é a sua estabilidade, o mesmo é dizer da sua resistência à mudança. Essa estabilidade, suportada por inúmeras investigações, manifesta-se no facto de, mesmo depois de sujeitas ao ensino escolar continuarem a manter intactas as suas concepções anteriores ou combinações destas com os pontos de vista ensinados. É tendo em conta todo este quadro, aliás de grande complexidade, que o professor no seu ensino deve adoptar uma perspectiva de transformação conceptual, que ajude os alunos a reflectir sobre os próprios conhecimentos adquiridos e no processo da sua aquisição. Ele intervém, pois, na actividade mental de construção do conhecimento pelo aluno. Torna-se necessário que o professor através de uma outra relação cognitiva com os seus alunos estimule o pensamento crítico e criativo, tendo, porém, em conta as diferenças entre os alunos, nomeadamente, no que respeita à forma como organizam e constroem o conhecimento e as dificuldades manifestadas a vários outros níveis.

Este enfoque designado de mudança conceptual tem hoje a suporta-lo numerosas investigações em classes de Ciências, das quais se citam Nussbaum e Novick (1982), Champagne e outros (1982), Hewson e Hewson (1987), Osborne e Freyberg (1985), Driver (1986a, 1988). Segundo Driver "é característica da planificação em Ciências a inclusão de oportunidades para os estudantes tornarem explícitas as suas ideias, oportunidades para a clarificação e troca de ideias, experiências que põem em questão as noções que os alunos têm (situações de conflito), oportunidades para a introdução de novas ideias ou para a reestruturação de ideias pelo professor e oportunidades para utilizar os conceitos em situações variadas. Talvez a ideia mais característica desta abordagem seja a ênfase que se põe nos estudantes terem consciência da sua própria aprendizagem e empreguem no dia a dia o seu raciocínio para que possa ser usado com confiança num espectro mais amplo de situações".

Convém ser realista, neste processo existem limitações que provêm das desigualdades sócio-culturais, do ambiente de aprendizagem, da disponibilidade de tempo, da falta de recursos materiais e naturalmente no que à formação de professores diz respeito. Porém, também estas preocupações estão reflectidas nas perspectivas actuais da investigação educacional e em particular da educação em ciência. É neste quadro de mudança que se deseja que os professores mudem as suas próprias concepções de ensino. É natural pensar que os professores tenham alguma concepção de ensino e que haja diferenças nessas concepções decorrentes das diferentes experiências vividas. Segundo Hewson e Hewson (1987), factos que apoiam esta posição foram encontrados por Smith e Anderson (1983), que estudaram como os professores interpretavam e usavam materiais curriculares, tendo identificado duas concepções diferentes de ensino - uma designada por "aquisição de conhecimentos" e outra por

"desenvolvimento de conhecimentos por descoberta". Estas duas concepções contrastavam com o ensino por mudança conceptual. Entretanto e noutras investigações de Hacker (1984), Roth (1984), Hallon e Anderson (1986) citadas por Hewson e Hewson (1987), foram identificadas outras diferentes concepções, possuindo pontos de contacto com aquelas. Por outro lado, em trabalho levado a cabo por nós próprios, constatámos que os professores têm diferentes percepções em relação aos objectivos de ensino, à leitura que fazem da sua importância, ao grau de dificuldade das perguntas e à sua cotação, aos comportamentos que os itens expressam, bem como à extensão de provas escritas. Também e através quer da observação sistemática, quer a partir de preocupações que amiúde os professores nos revelam, podemos constatar que o papel da avaliação sumativa adquire um significado com excessivo relevo. Ela é, quase sempre, "quem mais ordena". Esta situação denuncia, pensamos, concepções de ensino contrárias às exigências do referido anteriormente quanto à mudança conceptual, que tem na avaliação formativa um dos seus suportes. Pensa-se, pois, que os professores terão concepções "alternativas" de ensino, algumas das quais entram em conflito com a concepção de ensino por mudança conceptual.

Entretanto também não devemos esquecer que os formadores de professores têm de ter em conta estas concepções "alternativas", aquando da formação de professores. Como referem Tobin e Garnett (1988), "talvez mudar o ensino seja muito difícil porque o conhecimento do ensino desenvolve-se num longo período de tempo e o conhecimento activo que guia o comportamento é difícil de mudar e construir. Como consequência, os professores encontram dificuldades em mudar o seu ensino".

Um processo de mudança é sempre um lento caminhar no sentido da maturação das ideias e das atitudes. Aos professores cabe, num constante reflectir e pensar no como eles próprios pensavam e pensam agora (metacognição), desenvolver um trabalho de sentido grupal cuja permuta de ideias se torna essencial.

É, pensamos, através da investigação-acção que um forte impulso é dado à formação de formadores num balancear permanente entre a teoria praticada e a prática teorizada. Como refere Simões (1979), "o papel do professor, no domínio da pesquisa pedagógica, não se limita a informar o investigador: ele tem que ver com o próprio desenvolvimento da investigação. De facto, o objecto da pesquisa pedagógica é o acto pedagógico, que ela procura melhorar. Mas o acto pedagógico real é uma praxis sintética, ao passo que a "demarche" científica é um processo analítico, isto é, que não pode ter em conta senão tal ou tal meio, enquanto na prática se procuram empregar todos os meios, de maneira a garantir um máximo de eficácia ao acto pedagógico. O investigador tem, por isso, necessidade de discutir com o prático como é que podem empregar e conjugar os diferentes meios, na situação pedagógica real, a fim de empreender o estudo científico da sua combinação".

Entretanto, os professores através de tarefas concretas e sempre presentes no seu dia-a-dia como sejam as de preparar, construir e organizar materiais de ensino, estruturando-os em planos de acção educativa, poderão não só confrontar as suas concepções "alternativas" de ensino, como sobretudo projectar uma nova orientação, como aquela que vimos defendendo.

A renovação do ensino tem de contemplar as Didácticas Específicas como um espaço de inovação e mudança, decorrente da investigação emergente.

Assim, a formação de professores como uma das nossas preocupações centrais deve promover o desenvolvimento da pessoa, que no campo intelectual tem a ver com conceitos como o desenvolvimento do pensamento crítico, criativo e independência intelectual, em suma, com a autonomia.

REFERÊNCIAS

- Osborne, R. J. & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: the implication of children's science*. London: Heinemann Publishers.
- Champagne, A. Klopfer, L. & Gunstone, R. (1982). *Cognitive research and design of science instruction*. Pittsburgh, PA: L.R.D.C. University of Pittsburgh.
- Driver, R. & Bell, B. (1986a). Student's thinking and the learning of science: a constructivist view. *The School Science Review*, 67 (240), 443-456.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Finley, F. N. (1983). Science Processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), 47-54.
- Hewson, P. W. & Hewson, M. (1987). Science teacher's conceptions of teaching Implications for teacher education. *Int. J. Sci. Educ.* 9 (4), 425-440.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 12, 25 -57.
- Hodson, D. (1988). Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum. *Science Education*, 72 (1), 19-40.
- Luken, J. (1988). The Scientific Method in Biology. A concept rather than a Topic. *JCST*, February, 274-326.
- Maskill, R. & Wallis, K.G. (1982). Scientific thinking in the classroom. *SSR*, 63 (224), 551-554.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principied teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Perez, D. G. (1986). La Metodologia Cientifica y la Enseñanza de las Ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121.
- Phillips, D. C. (1985). Can Scientific Method be Taught? *JCST*, November, 95-101.
- Praia, J. (1987). *Avaliação sumativa - Provas finais a nível nacional do 9º Ano de Biologia*. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.
- Simoes, A. (1979). *Educação Permanente e Formação de Professores*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Tobin, K. & Garnett, P. (1988). Exemplary Practice in Science Classrooms. *Science Education*, 72 (2), 197-208.
- Valente, M. O. (1988). *Inovação e Metodologias de Ensino*. Revista Inovação, 1.

LA FORMATION DES PROFESSEURS DE SCIENCES ET LA
DIDACTIQUE SPECIFIQUE: UNE PERSPECTIVE DE CHANGEMENT
DES CONCEPTIONS DE L'ENSEIGNEMENT

Résumé - La didactique spécifique doit être un domaine privilégié pour la formation des professeurs de Sciences, mobilisant, en particulier, les aspects épistémologiques et ceux de l'apprentissage. On fait référence à des recherches sur l'Education en sciences, qui posent des questions sur l'enseignement effectué au niveau de la salle de cours, on met en cause les propositions concernant de curriculum, qui ont fait ressortir les doctrines empiristes et intuitives. En ce qui concerne l'apprentissage, on se réfère aux recherches qui ont pour but le changement conceptuel. Il existe quelques limitations qui devront être l'objet de réflexion et de préoccupation dans la recherche en l'éducation. On cite des recherches qui mettent en évidence quelques-unes des conceptions de l'enseignement que possèdent les professeurs (parallélisme avec les conceptions "alternatives" des étudiants), ainsi que les difficultés à changer de telles conceptions. Le balancement entre la théorie pratiquée et la pratique théorisée est présentée comme une orientation capable de confronter les conceptions de l'enseignement des professeurs, en projet de nouvelles orientations pour leur formation.

THE FORMATION OF SCIENCE TEACHERS AND THE SPECIFIC
DIDACTICS: A PERSPECTIVE OF CHANGING IN THE TEACHING
CONCEPTIONS

Abstract - The specific didactics must be a privileged area in the formation of science teachers mobilizing, in particular, the epistemology and learning trends. Investigations on Education in Science which question the teaching performed at the classroom level are referred, putting in doubt the curricular proposals which have emphasized the empirist and intuitivist doctrines. Concerning the learning trend, researches that have as a purpose the conceptual change are referred. Some limitations are raised with the purpose of being the object of reflection and preoccupation in educational research. Investigations that have enhanced some of the teaching concepts that teachers possess (parallelism with the "alternative" conceptions of the pupils) are mentioned.

A CONSTRUCTIVIST PROGRAM FOR COLLEGE REMEDIAL
MATHEMATICS AT THE UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS,
AMHERST

Ronald Narode

University of Massachusetts, Amherst
Fulbright Professor
Universidade do Minho, Portugal

Abstract - The recent increase in enrollments in college remedial mathematics courses makes clear the need for the development of pedagogy and curriculum which is tailored to this relatively new class of service courses. A growing concern for better thinking skills among college students has added an important new dimension to the teaching of remedial mathematics. The Basic Math Program of the University of Massachusetts, Amherst, has instituted two new courses for empowering math-weak students to think critically and quantitatively. The program is guided by the constructivist epistemology of Piaget and the recent studies on the role of metacognition on learning. Students spend the majority of class-time solving problems in pairs and in small groups. Teachers interact with their students more as coaches and clinical interviewers than as lecturers. Diversity, debate, controversy, and consensus replace authority in the quest for understanding in mathematics.

Mathematics education, especially remedial mathematics education, will be influenced by future educators who respond to the following two observations: 1) the dramatic rise in enrollment in remedial arithmetic, general mathematics and algebra indicates the need for training in basic skills in context areas which are considered prerequisite not only for college but for the vocations also; 2) even students who have taken as many as three years of college preparatory mathematics do not demonstrate an understanding of the material sufficient to use it. From 1960 to 1980, college enrollment at universities and four-year colleges in remedial arithmetic, general mathematics and algebra increased by 165% (Usiskin, 1985). Two-year colleges report that 42% of mathematics enrollments in 1980-81 were in remedial courses. Dealing with remediation was described as the biggest problem facing two-year college mathematics faculty (Fey, Albers & Fleming, 1981). As colleges continue to insist that minimum competency in mathematics be demonstrated for graduation, the enrollment in remedial mathematics courses can be expected to remain high.

Perhaps more dramatic than the rise in enrollment is the poor performance of students who have already had several years of college preparatory mathematics. Results from the First Mathematics Assessment of the National Assessment of Educational Progress [NAEP] (Carpenter et al., 1978) indicate that just 50% of 17-year-olds and 60% of adults were able to correctly answer word problems with decimals and percents, perhaps the most frequently applied topic in mathematics today. Similar error rates were identified in the interpretation of algebraic equations. Moreover, the lack of understanding of elementary algebra concepts is not confined to high school and college remedial mathematics courses. Recent studies show that about seventy percent of college freshmen in calculus were unable to translate a simple linear relationship into an equation (Clement, 1982). Comparable error rates were reported for high school and college faculty when asked to translate a linear equation into a sentence (Lochhead, 1980). Apparently conceptual understanding is not assured through academic success.

The mathematics education community has appealed to teachers, state boards of education, local administrators, test writers and textbook publishers to make problem solving and conceptual understanding of mathematics foundational to the mathematics curriculum. The two foremost recommendations from the National Council of Teachers of Mathematics (1980) were:

1. That problem solving be the focus of school mathematics in the 1980's.
2. That basic skills in mathematics be defined to encompass more than computational facility.

Project Equality of the College Board (1983) echoes this appeal by declaring that mathematics understanding is prerequisite to competency in all areas of college education. In addition to the ability to use calculators and computers, the report makes clear the need for conceptual understanding and the ability to demonstrate that understanding in problem solving. Another widely cited government report, "A Nation At Risk" (National Commission on Excellence in Education, 1983), states that the teaching of mathematics in high school should equip students with an understanding of basic mathematics concepts which will enable them to solve problems in college or in the workplace. Clearly the stated emphasis in mathematics education has shifted from rote computational facility and the manipulation of algebraic symbols toward an understanding of the concepts of basic mathematics which can be demonstrated through problem solving.

Educators and education researchers are beginning to acknowledge that algebraic symbol manipulation, the area most emphasized in high school and college algebra curriculum, is quite useless if students are unable to express quantitative ideas precisely.

Critical Thinking and Remedial Mathematics

Remedial mathematics has traditionally served to "remediate" student mathematics deficiencies by drilling students in arithmetic computation and algebra

symbol manipulation in order to prepare them for their next mathematics course. Such courses are attempts to "fill the gaps" or help students "brush up" by presenting one arithmetic or algebra technique after another in quick succession. Textbooks present topics with only the most terse description or "proof", followed by example problem solutions which students subsequently practice in "exercises". Word problems are generally included though not emphasized, and they are not used to teach concepts but to illustrate how certain techniques may be applied. If the concepts have not been understood, the difficulties students experience in solving word problems can be insuperable. It is not surprising that word problems are one of the least appreciated features of mathematics courses for students (Lester & Garofalo, 1982).

Remedial mathematics courses can do much more than just fill gaps in content. Critical thinking skills can be developed within the context of a mathematics curriculum designed to teach the concepts of arithmetic and introductory algebra. Word problem solving can serve as a vehicle for helping students develop conceptual understanding rather than serve as a post hoc test of their understanding. For this shift to occur the pedagogy of proof, example, drill and test needs to be subordinated to a pedagogy based on the discovery of concepts by students who need those concepts to solve problems. The fundamental difference in the two approaches lies in their respective epistemologies. The traditional approach views ideas as the currency of instruction; teachers teach ideas by presenting them clearly, while students demonstrate their learning by performing rote computations and manipulations. Contrary to the view of knowledge as "ideas proved true", the constructivist approach considers ideas to be idiosyncratic mental constructions; teachers cannot teach ideas, but they can ask questions so that their students can construct ideas for themselves. The highest value of this "constructivist" approach to education is the intellectual autonomy of the student. The goal of constructivist remedial mathematics is to empower the student to think mathematically and critically.

The content of remedial mathematics courses frequently includes topics in analytic geometry, algebra and trigonometry. The program at the University of Massachusetts is not quite as extensive. The Basic Arithmetic course instructs topics in whole number operations, fractions, decimals, percents, exponents, ratio and proportion, simple linear equations, and very basic geometrical notions about length, area, and volume. The second semester course, Basic Algebra, stresses the use of algebra as a tool for interpreting and representing quantitative relationships, particularly linear and quadratic relationships. The intent of the curriculum is not only to prepare students for subsequent courses in calculus and statistics, but mainly to prepare students to reason quantitatively and to apply mathematics to a variety of problems which they may encounter in their daily experiences.

Method of Instruction

The method of instruction incorporates two key notions: constructivism; the idea that students must construct knowledge for themselves, and metacognition; the

supposition that the vehicle for the construction of knowledge is self-reflection, or in Piagetian terms, reflective abstraction.

The problems which students solve to develop conceptual understanding of mathematical content are not in themselves sufficient for learning. The various relationships between concepts and ideas which comprise the conceptual web are best discerned and integrated within a social context (Von Glasersfeld, 1988). Though knowledge is constructed individually, it is corroborated largely through consensus, and consensus-achieving is a social activity.

The implication that education should be conducted in a socially interactive environment has been supported by research. Cooperative learning has been effective in aiding student understanding of texts (McDonald et al., 1985; Spurlin et al., 1984; Ross & DiVesta, 1976), and also for concept learning and problem solving in mathematics and science (Dees, 1985; Sharan & Hertz-Lazarowitz, 1980; Webb, 1978).

The constructivist classroom is conducted almost entirely within the context of group problem solving, with approximately thirty students working together in dyads and in larger groups. Lecture is kept to a minimum. The teacher serves as a coach, moving from one student group to another, listening to their discussions, asking selected group members to summarize the group's solution path, and probing student solutions and conceptions with questions rather than answering questions.

A student's answer is not acknowledged as either right or wrong. Instead, the instructor listens to the reasons for the answer and either agrees that the reasons make sense, asks for more elaboration, or asks more questions to help the student to think about the problem in a different way. Often instructors ask other students in the group to explain another student's solution and to comment on whether or not they agree with it and for what reasons.

The method of instruction in the Constructivist classroom is derived from a combination of managerial techniques and clinical interview methodology. Ten graduate student TAs, from various academic departments, are trained in a two-week intensive training course each summer. They conduct and analyse clinical interviews of students solving mathematics word problems to help them to better understand student thought processes. The interviews also serve to train instructors in the questioning and listening skills which are fundamental to their teaching in the program. Although a prepared text is required for the course (Narode et al., 1985), the instructors are free to select the problems which they feel will be most effective to instruct a particular concept or heuristic. Most important, they train their students to communicate their ideas, thus helping them to develop conceptual understanding through reflection during problem solving.

The observed allocation of class time is divided among four main activities, administrative (9%), lecture/discussion (15%), problem solving (56%), and quiz taking (18%) (Konold, 1986). Ideally, instructors and experts feel that students should spend more time with problem solving than they in fact do. By finding methods to streamline administrative and quiz taking activities, more time can be permitted for problem solving.

Promoting Metacognition

The model for cooperative problem solving in the Basic Math classroom is the pair problem solving method of Whimbey and Lohead (1986) which is itself modelled after the clinical interviews used by Piaget. The approach requires that one student solve a problem by reading it aloud to the other student (the listener) and verbalizing all thoughts on the problem as they occur. The problem solver does all the writing and all of the talking about the problem. Meanwhile, the listener must suspend solving the problem him/herself so that complete concentration and attention is devoted towards understanding the problem solver's solution. The problem solver is responsible for articulating all ideas as they occur, whereas the listener has a somewhat more difficult task. The following instructions to the listener were developed for students in the course: Listen carefully, ask the speaker to repeat statements if needed, or to slow down. Encourage vocalization, ask, "What are you thinking?" and "Can you explain what you are writing?" Ask for clarification, for example, "What do you mean?", and "Can you say more about that?" Check for accuracy by asking, "Are you sure about that?" Several warnings are offered in the form of "do nots", do not give hints, do not solve the problem yourself, do not tell the solver how to correct an error.

By encouraging students to verbalize their thoughts, they are forced to examine their ideas as they communicate. They must evaluate those ideas in the light of another person's interpretation of what they are saying. Requests for clarification and repetition often help students to catch and correct their errors as well as helping to reinforce ideas that they may have held only tentatively. By exchanging roles of problem solver and listener, students have the opportunity to learn the related skills of problem solving aloud and listening for meaning.

Instructors also use the clinical interview method in their teaching. By assuming the role of the listener, the instructor promotes metacognitive activity through the use of questioning strategies which require students to reflect on their thought processes. Four such strategies are (Confrey, 1985): 1) ask students to discuss their interpretation of the problem; 2) ask the students to describe precisely their methods of solution; 3) ask students to defend their answer and their solution; 4) ask students to retrace the steps in their solution so as to review the process they engaged in to solve the problem. The student/teacher interaction is characterized by the focus on language used by the student and by the teacher's acceptance of the student's vision for a solution path.

In addition to listening to students, teachers should model expert problem solving for their students. Students rarely see adults solve problems, much less hear them solve problems aloud. By describing one's thought processes aloud, instructors demonstrate both the process of thinking aloud and their thought processes with all of the dead ends, mistakes, and corrections which characterize real problem solving.

Conclusion

The students in college remedial mathematics courses are at risk of never learning the basic rudiments of arithmetic and algebra to satisfactorily apply them in their daily lives. However, all of these students in fact possess knowledge and understanding of mathematics by virtue of having lived in a society where notions about quantity abound. The constructivist mathematics program begins with the students' prior knowledge and uses it to challenge them to solve applied problems whose solutions demonstrate powerful mathematical concepts. Students create their own meaning when they work collaboratively in pairs and in groups. In the process, they learn to reflect on their thought processes so that they may judge for themselves whether their solutions do or do not make sense. They learn to think critically as well as quantitatively. Their anxieties about learning mathematics yield to a new confidence.

REFERENCES

- Carpenter, T. P., et al. (1978). *Results of the first mathematics assessment of the national assessment of educational progress*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- College Board. (1983). *Academic preparation for college: What students need to know and be able to do*. New York, NY: College Board.
- Dees, R.L. (1985). How does working co-operatively help students in increasing problem-solving ability? In *Proceedings of the annual conference for psychology of mathematics education. North American Chapter, Columbus, Ohio*, 325-330.
- Fey, J. T., et al. (1981). *Undergraduate mathematical sciences in mathematics four-year colleges, and two-year college, 1980-1981. Report of the survey committee, Conference board of the Mathematical Sciences*, 6, Washington, DC: CBMS.
- Konold, C. (1986). Evaluating and modifying a teaching assistant training program for a workshop-style mathematics course. A final report submitted to the Fund for the Improvement of Post-Secondary Education.
- Lester, F. K., & Garofalo, J. (1982). *Metacognitive aspects of elementary school students' performance on arithmetic tests*. Paper presented at AERA.
- Lochhead, J. (1980). Faculty interpretations of simple algebraic statements: The professor's side of the equation. *The Journal of Mathematics Behavior*, 3 (1).
- McDonald, B. A., et al. (1985). Cooperative dyads: Impact on text learning and transfer. *Contemporary Educational Psychology*, 10, 369-377.
- Narode, R., Schifter, D., & Lochhead, J. (1985). *A Course Guide To Math 010L*. Amherst, MA: University of Massachusetts.
- National Commission on Excellence in Education (1983). *A nation at risk: The importance for educational reform*. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- National Council of Teachers of Mathematics (1980). *An agenda for action*. Reston, VA: The

Council.

- Ross, S. M., & Di Vista, F. S. (1976). Oral summary as a review strategy enhancing recall of textual material. *Journal of Educational Psychology*, 68 (6), 689-695.
- Sharon, S., & Hertz-Lazarowitz, R. (1980). A group-investigation method of cooperative learning in the classroom. In Sharon, S., et al. (Eds.). *Cooperation in education*. Provo, UT: Brigham Young University Press.
- Spurlin, J. E., et al. (1984). Co-operative learning strategies in processing descriptive text: Effects of role and activity level of the learner. *Cognition and Instruction*, 1 (4), 451-463.
- Usiskin, Z. (1980). We need another revolution in secondary school mathematics. In *An agenda for action*, 1-21. Reston, VA: NCTM.
- Von Glasersfeld, E. (1988). Cognition, construction of knowledge, and teaching. Paper to appear in *Synthese* (special issue on philosophy of science and education).
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Webb, N. M. (1978). *Learning in individual and small group settings. Doctoral dissertation*, Stanford University.
- Whimbey, A., & Lochhead, J. (1981). *Developing mathematical skills*. New York, NY: McGraw-Hill Book Company.
- Whimbey, A., & Lochhead, J. (1986). *Problem solving and comprehension*, 4th edition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

UM PROGRAMA CONSTRUTIVISTA PARA REMEDIAÇÃO EM MATEMÁTICA NA UNIVERSIDADE DE MASSACHUSETTS, AMHERST

Resumo - O recente aumento de inscrições em cursos de remediação em matemática nas universidades impõe a necessidade de se desenvolver um currículo e uma metodologia adaptados a este tipo de cursos. Para além da necessidade de ensinar capacidades básicas em aritmética, matemática geral e álgebra elementar e intermédia, uma preocupação crescente com as capacidades cognitivas dos alunos faz surgir uma nova dimensão na remediação em matemática. O Programa de Matemática Básica da Universidade de Massachusetts, Amherst, instituiu dois cursos para encorajamento do pensamento crítico e quantitativo em alunos com dificuldades na matemática. O programa é orientado pela epistemologia construtivista de Piaget e pelos estudos recentes sobre o papel da metacognição na aprendizagem. Os alunos passam a maioria do tempo lectivo a resolver problemas em pares ou grupos pequenos. Na interacção com os alunos, os professores desempenham o papel de entrevistadores clínicos, mais do que de mestres na posse do saber. A diversidade, o debate, a controvérsia e o consenso substituem a autoridade, na procura da compreensão em matemática.

**UN PROGRAMME CONSTRUCTIVISTE DE COMPENSATION EN
MATHÉMATIQUE A L'UNIVERSITÉ DE MASSACHUSETTS,
AMHERST**

Résumé - La récente augmentation de cours de compensation en mathématique dans les universités impose le besoin de développer un curriculum et une méthodologie adaptés à ce type de cours. Une préoccupation croissante avec les capacités cognitives des élèves fait surgir une nouvelle dimension de la compensation en mathématique. Le Programme de Mathématique-Base de l'Université de Massachusetts, Amherst, a institué deux cours pour encourager la pensée critique et quantitative chez des élèves ayant des difficultés en mathématique. Le programme est orienté par l'épistémologie constructiviste de Piaget et par les résultats des études récentes sur le rôle de la métacognition au niveau de l'apprentissage. Les élèves passent la majorité du temps consacré à la leçon à résoudre des problèmes deux par deux ou en petits groupes. Dans l'interaction avec les élèves, les professeurs jouent un rôle d'intervieweurs cliniques, plutôt que maîtres possédant le savoir. La diversité, le débat, la controverse et le consensus substituent l'autorité, afin de rechercher la compréhension en mathématique.

REUNIÕES CIENTÍFICAS

"VII JORNADAS DE ESTUDIO SOBRE LA INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA", Universidad de Sevilla, Sevilla (2 a 4 de Março de 1990). **Informações:** VII Jornadas de estudio sobre la investigación en la escuela, Universidad de Sevilla, Avda. Ciudad Jardin, 22, Sevilla 41005, España.

"INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE EVALUATION OF PHYSICS EDUCATION - CRITERIA, METHODS AND IMPLICATIONS". University of Helsinki, Helsinki, Finland (25 a 29 de Junho de 1990).

"15th ANNUAL CONFERENCE OF THE ATEE", Limerick (26 a 31 de Agosto de 1990). **Informações:** Professor John Coolahan, ATEE 1990, Maynooth University College, Co. Kildare, Ireland.

IV EUROPEAN CONFERENCE ON DEVELOPMENT PSYCHOLOGY. Univ. of Stirling, Scotland (27 a 31 de Agosto, 1990). **Informações:** Depart. Psychology, Univ. Stirling, Stirling FK9 4LA, Scotland, U.K.

"SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY EDUCATION", University of Oxford, Oxford (10 a 20 de Setembro de 1990). **Informações:** British Council, 65 Davies Street, London W1Y 2AA, England.

"REDISCOVERING SKILL IN SCIENCE TECHNOLOGY AND MEDICINE", University of Bath, Bath (14 a 27 de Setembro de 1990). **Informações:** Rediscovering Skill, University of Bath, Bath BA2 7AY, England.

"SECOND CONGRES EUROPEEN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, MULTIMEDIA, PSYCHOLOGIE COGNITIVE ET FORMATION", Lille (24 a 26 de Setembro de 1990). **Informações:** Chambre de Commerce et d'Industrie de Lille, Place du Théâtre, 59800 Lille, France.

"FÍSICA 90 - 7ª CONFERÊNCIA NACIONAL DE FÍSICA", Museu de Ciência da Universidade de Lisboa e Museu Nacional de História Natural, Lisboa (24 a 27 de Setembro de 1990). **Informações:** SPF, Av. da República, 37 - 4º, 1000 Lisboa, Portugal.

"SEGUNDO SEMINÁRIO NACIONAL - A COMPONENTE DE PSICOLOGIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E OUTROS AGENTES EDUCATIVOS", Universidade de Évora, Évora (27 a 29 de Setembro de 1990). **Informações:** Associação dos Psicólogos Portugueses, Apartado 392, 4703 Braga Codex, Portugal.

2nd CONFERENCE OF EUROPEAN COUNCIL FOR HIGH ABILITY. Budapest (25 a 28 de Outubro, 1990). **Informações:** Leandro S. Almeida, Univ. do Minho, 4719 Braga, Codex.

"2º ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁCTICAS E METODOLOGIAS DE ENSINO", Universidade de Aveiro, Aveiro (2 a 5 de Fevereiro de 1991). **Informações:** Secretariado do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, Universidade de Aveiro, 3800 Aveiro, Portugal.

"XIV INTERNATIONAL SCHOOL PSYCHOLOGY COLLOQUIUM", Universidade do Minho, Braga (24 a 28 de Julho de 1991). **Informações:** Professor Leandro Almeida, Universidade do Minho, 4719 Braga Codex, Portugal.

"FOURTH EUROPEAN CONFERENCE FOR RESEARCH ON LEARNING AND INSTRUCTION", University of Turku, Turku, (24 a 28 de Agosto de 1991). **Informações:** 4th EARLI Conference, P. O. Box 114, SF - 20520 Turku, Finland.

Publicações do Instituto de Educação da U.M.

I ESEC - Actas do I Encontro Sobre Educação em Ciências. Manuel Sequeira, Laurinda Leite & Mário Freitas (Eds.). Págs. 325. Preço: 750\$00.

Maturidade Linguística e Aprendizagem da Leitura. Fátima Sequeira & Inês Sim-Sim. Págs. 109. Preço: 800\$00.

O Ensino-Aprendizagem do Português: Teoria e Práticas. Fátima Sequeira, Rui Vieira de Castro & Maria de Lourdes Castro (Eds.). Págs. 192. Preço: 1 000\$00.

Planificação Didáctica: Uma Abordagem Prática. José Augusto Brito Pacheco. Págs. 105. Preço: 800\$00.

Pedidos a: Serviço de Publicações, Instituto de Educação, R. Abade da Loureira, 4700 BRAGA, PORTUGAL.

ÍNDICE

1989

Vol. 2 Nº 1

Editorial	1
<i>José Ribeiro Dias</i>	
Investigação Educacional: a dimensão necessária às Escolas Superiores de Educação	3
<i>Maria de Fátima Sequeira</i>	
Un modelo psicolinguístico modular del aprendizaje de la lectura	11
<i>Renzo Titone</i>	
Programa "Promoção Cognitiva"	25
<i>Leandro S. Almeida e Maria de Fátima Morais</i>	
Distinção entre ser vivo e ser inanimado: uma evolução por estádios ou um problema de concepções alternativas ?	33
<i>Mário Freitas</i>	
De serviço do estado a comunidade educativa: uma nova concepção para a escola Portuguesa	53
<i>João Formosinho</i>	
Contributos para a construção de um modelo de análise das representações da escola pelos alunos	87
<i>Rui Armando Gomes Santiago</i>	
A entrada na escola primária: significado(s) para a criança e sua família	99
<i>Ana Paula Relvas e Madalena Alarcão</i>	
Comparisons of student evaluations of CAI software	107
<i>James A. Parker, Michael Barry e Brenda Exner</i>	
Incidência, desenvolvimento e efeitos da ansiedade nos testes e exames escolares	111
<i>José Fernando Azevedo Cruz</i>	
Recensões	131
Reuniões científicas	141

1989

Vol. 2 Nº 2

Homme et polis: le noeud gordien de l'education chez Aristote	1
<i>Concepción Naval</i>	
Crítica da razão e razão crítica na formação pedagógica	9
<i>Manuel Barbosa</i>	
Epistemologias pessoais na formação de professores	17
<i>Ana Paula Vale</i>	
Relações entre estratégias de aprendizagem e processos de recordação: análise de alguns factores cognitivos	25
<i>Amâncio da Costa Pinto</i>	
Como as categorias textuais se relacionam com a compreensão em leitura	43
<i>José Marcelino Poersch e Marisa Porto do Amaral</i>	
The "pause, prompt and praise" for parents and peers: effective tutoring of low progress readers	55
<i>Kevin Wheldall, Frank Merrett e Susan Colmar</i>	
A compreensão cognitiva dos conceitos linguísticos na preparação das crianças para a aprendizagem da leitura	69
<i>Maria Margarida Rafael da Veiga C. de A. Teixeira</i>	
O ensino-aprendizagem da linguística nas escolas superiores de educação	81
<i>Maria Ângela Rezende</i>	
Testing and teaching for critical thinking	87
<i>Ronald Narode</i>	
A representação do álcool nos livros de leitura do ensino primário	95
<i>Isabel Barca e Aníbal Fonte</i>	
Os recursos didácticos na rede escolar do distrito de Braga	107
<i>Bento Duarte da Silva</i>	
Recensões	129
Reuniões científicas	140

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Os trabalhos devem ser enviados em triplicado, incluindo o original, para a *Revista Portuguesa de Educação*, Universidade do Minho, Rua Abade da Loureira, 4700 BRAGA.

Os trabalhos não devem, ordinariamente, ultrapassar as 25 páginas, dactilografadas a 2 espaços. Todas as páginas devem ser numeradas sequencialmente. Os trabalhos devem ser apresentados em "diskettes" de computador *Macintosh* (programa *Word* ou *MacWrite*). No caso de não ser possível enviar o trabalho em diskette, poderá enviar o original sem sublinhados e impressão a laser ou em fita de carbono. Quadros, figuras, resumos, agradecimentos, notas e referências bibliográficas devem ser apresentados em páginas separadas.

Capa. Na primeira página do trabalho, devem constar as seguintes informações: Título do artigo, título abreviado (não excedendo os 35 caracteres), nome(s) e afiliação(ões) institucional(ais) do(s) autor(es), morada actual do(s) autor(es) e indicação do autor que será responsável pela correspondência, separatas e "provas".

Resumos. Em folhas separadas, deve ser enviado um resumo em português e títulos e resumos do artigo em inglês (*Abstract*) e em francês (*Résumé*). Os resumos não devem exceder as 150 palavras.

Quadros e Figuras. Devem ser apresentados em folhas separadas, numerados sequencialmente (numeração árabe) e devem ter título. A sua localização aproximada deve ser indicada entre parêntesis no próprio texto. (Por exemplo: "Inserir o Quadro I aproximadamente aqui"). As figuras e os quadros tem de vir em diskette para o ambiente *Macintosh* (qualquer programa).

Notas. As notas de roda-pé são dactilografadas em separado, devem ser reduzidas ao mínimo, e numeradas sequencialmente, sendo publicadas no final do texto.

Agradecimentos. Devem ser tão breves quanto possível e devem aparecer em folha separada no início do texto.

Referências. Devem ser citadas ao longo do texto (e não em roda-pé), constando do nome do(s) autor(es), seguido do ano da publicação entre parêntesis. No caso de se tratar de dois autores, ambos os nomes devem ser referidos. Se mais de um artigo do mesmo autor e do mesmo ano for citado, as letras *a*, *b*, *c*, etc., devem seguir o ano. No caso de dois ou mais autores, devem ser todos referidos na primeira ocasião e, posteriormente, bastará referir o nome do primeiro autor seguido de "et al.". Por exemplo: "... como Piaget (1964) fez notar ..." ou "... Krohne e Laux (1981) concluíram que ..." ou ainda, no caso de segunda referência a uma publicação de três ou mais autores, "... (Spielberger et al., 1986)". A lista de referências bibliográficas deve ser organizada alfabeticamente, em folhas separadas, tendo o cuidado de sublinhar, respectivamente o: a) Título da revista onde foi publicado o artigo; b) Título do livro; c) Título do livro onde foi publicado o artigo; d) Título da comunicação. Exemplos:

Artigos de revista: Abrami, P., Leventhall, L., & Perry, R. (1982). Educational Seduction. *Review of Educational Research*, 52, 446-464.

Livros: Garber, J., & Seligman, M. (1980). *Human Helplessness*. New York: Academic Press.

Artigos em livros: Dunklin, M. (1985). Research on teaching in higher education. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed.). New York: MacMillan.

Comunicações: Marsh, H., & Overall, J. (1979). *Validity of students evaluations of teaching*. Comunicação apresentada no Encontro Anual da American Educational Research Association, San Francisco.

Em caso de dúvida, os autores deverão consultar o *Publication Manual da American Psychological Association (3rd edition, 1983)*.

Provas. Os autores receberão as provas (incluindo Quadros e Figuras) para correcção e deverão devolvê-las até seis dias após a sua recepção. Alterações ao texto da composição original poderão ser debitadas ao(s) autor(es).

Separatas. São gratuitamente fornecidas aos autores 10 separatas de cada artigo. Separatas adicionais dos artigos são fornecidas ao preço de custo, acrescido de encargos postais, se forem requisitadas juntamente com as provas revistas do artigo.

Direitos de autor. Após a sua publicação na *Revista Portuguesa de Educação* os artigos ficam a ser propriedade desta.

Qualquer trabalho que não obedeça às instruções acima referidas, é passível de ser devolvido para a necessária revisão antes de ser publicado. Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos autores.