

Resolução de problemas em física: Necessidade de uma ruptura com a didáctica tradicional

MARIA ODETE VALENTE

Faculdade de Ciências de Lisboa

ANTÓNIO JOSÉ NETO e MARIANA VALENTE

Universidade de Évora

«O cientista não pensa com fórmulas. Antes de começar a fazer cálculos, concebe hipóteses e imagina estratégias. As fórmulas e os cálculos constituem o passo seguinte».

ALBERT EINSTEIN

1. Enquadramento teórico e curricular

1.1. Conceitos de «problema» e de «resolução de problemas»

À expressão «resolução de problemas» («problem-solving» na literatura em língua inglesa) correspondem, muitas vezes, significados distintos, dependentes de quem os formula ou tenta operacionalizar. Contudo, é possível identificar na literatura da especialidade duas concepções dominantes:

— Uma que considera o «problem-solving» como uma capacidade cognitiva de nível elevado e de âmbito geral, capacidade essa que a investigação ainda não conseguiu caracterizar de forma universal e completa. É o que se conclui de opiniões como a de Dearden (1980) o qual afirma: «está ainda por descobrir um exemplo de capacidade intelectual de âmbito geral, susceptível de ser ensinada e aprendida e que seja educacionalmente relevante; na minha opinião, essa capacidade, a surgir, terá muito a ver com o «problem-solving»».

— A outra concepção, profundamente distinta, encara o «problem-solving» como uma «estratégia» ou um «método» de ensino-aprendizagem. É essa a posição de psicólogos como Bruner e Gagné. O primeiro, por exemplo, é de opinião que só através

do «problem-solving» e do esforço de descoberta que essa actividade pressupõe é possível aprender de forma efectiva (Bruner, 1986). Gagné, por outro lado, evidencia bem o papel fundamental que atribui ao «problem-solving», ao incluí-lo na lista das oito «categorias» de aprendizagem por ele concebidas e, sobretudo, ao colocá-lo no topo da estrutura hierárquica sob a qual organizou essas categorias (Gagné, 1975).

Da mesma forma, e por razões óbvias, o conceito de «problema» aparece na literatura da especialidade com significados diversos. Adoptando uma posição que reúne algum consenso, poderá, pela negativa, afirmar-se que um problema não é um certo exercício de aplicação rotineira assim como não é um algoritmo, por complexo e exigente que ele se revele.

Pela positiva e secundando Garret (1987), assumiremos que um problema é uma questão para a qual não se conhece, à partida, uma solução, nem se sabe, sequer, se ela existirá. Ou, e citando Hayes (1987), «surge um problema sempre que se verifica uma descontinuidade entre o ponto em que se está e aquele a que se quer chegar»; resolvê-lo implica «inventar um caminho», susceptível de, através de «um salto no desconhecido», vencer essa descontinuidade (Prado Coelho, 1988).

1.2. O papel dos problemas no currículo formal

1.2.1. Situação ideal

Dewey, secundado por Whitehead, foi o primeiro pensador deste século a chamar a atenção para o papel potencialmente relevante que os problemas poderiam desempenhar no processo educativo. As duas recomendações não tiveram, de imediato, reflexos significativos nos currículos e na prática educativa real.

Só por alturas da 2.^a Guerra Mundial, e por razões fundamentalmente utilitaristas, devidas à necessidade de incrementar, a ritmo acelerado, as indústrias relacionadas com o armamento e outras actividades afins, se começariam a desenvolver técnicas de resolução de problemas e, ainda assim, de tipo essencialmente algorítmico. Este desenvolvimento ocorreu, sobretudo, em esferas exteriores à área da educação, e conduziu a um conceito de problema demasiado estreito, em que se realçavam, sobretudo, os seus aspectos instrumental e operativo. Essas ideias iriam, no entanto, influenciar decisivamente a investigação e a prática na área do «problem-solving».

A situação anterior enquadra-se, aliás, nas correntes «behavioristas», então dominantes como paradigma de aprendizagem. Essas correntes, que centravam a aprendizagem em produtos, começariam a sofrer contestação significativa, quando, por volta dos anos sessenta, surgem movimentos que, ao contrário, centravam a aprendizagem em processos. O paradigma «behaviorista» perdia, assim, algum terreno, ao passo que se afirmava e implantava o paradigma cognitivista/estruturalista, edificado a partir dos trabalhos de Piaget e dos seus continuadores. Referem-se, neste contexto, pela importância que têm para o ensino da ciência, os nomes de Bruner e de Ausubel. Este último introduziria o conceito de «aprendizagem significativa», por oposição ao de «aprendizagem rotineira». Julga-se que o fenómeno de «transferência de aprendizagem», considerado fulcral na resolução efectiva de problemas, tem uma correlação positiva

com a ocorrência de aprendizagem verdadeiramente significativa.

Compreensivelmente, o «problem-solving» iria, por arrastamento, adquirir importância crescente ao ponto de muitos investigadores se lhe referirem como um processo «vital», nomeadamente no que diz respeito ao ensino-aprendizagem da ciência.

1.2.2. Situação real

À mudança progressiva de paradigma que se vem verificando no campo da investigação educacional não tem correspondido mudança equivalente no que se refere à realidade da sala de aula. Esta continua, ainda, a pautar a sua acção por opções didácticas que, a nosso ver em demasia, colocam o aluno na situação de receptor passivo de informação.

Raramente os professores utilizam estratégias apoiadas na resolução de problemas. Para além das oportunidades de aprendizagem assim desperdiçadas, esta situação gera equívocos e confusões. Exemplificando, dir-se-ia ser discutível a categorização — nível da «Aplicação» da taxonomia de Bloom — que muitos professores e manuais didácticos atribuem aos «problemas» que utilizam. Na verdade, embora apelidados de «problemas», constituem, muitas vezes, simples repetições de processos algorítmicos que os alunos, de algum modo, já conhecem.

Por outro lado, a adopção quase exclusiva de estratégias padronizadas fixa o aluno em esquemas de raciocínio excessivamente rígido. Desta forma se contribui para reforçar a sua eventual incapacidade de proceder à transferência de aprendizagem para situações novas, dificultando, assim, a sua acomodação ao mundo que o rodeia.

Podemos caracterizar, do seguinte modo, a perspectiva em que os problemas são normalmente utilizados:

— Constituem exercícios de aplicação mecânica e rotineira em que, quase sempre, apenas se fazem variar os dados numéricos ou se

procede a rearranjos de equações matemáticas (fórmulas).

- São encarados como questões que, à partida, têm, necessariamente, uma solução.
- Estão associados a estratégias lineares, únicas e antecipadamente conhecidas (ainda que em termos genéricos e difusos).
- São propostos a partir de enunciados fechados, em que toda a primazia é concedida aos dados numéricos. Estes, em geral, são os estritamente necessários, ficando, por isso, o aluno fortemente condicionado.

2. Sucesso e insucesso na resolução de problemas

2.1. Estratégias utilizadas na resolução de problemas e nível de sucesso

No quadro seguinte (Good e Smith, 1986) pretende-se ilustrar a correlação existente entre alguns processos de abordagem de problemas e o nível de sucesso na sua resolução.

Para além das causas de insucesso na resolução de problemas, implicitamente identificadas no quadro seguinte, referem-se agora, sem se pretender ser exaustivo, outras que consideramos pertinentes:

- 1— Insuficiência de conhecimentos teóricos ou existência de confusões conceptuais, motivados por aprendizagens inadequadas e pela ênfase em processos conducentes a aprendizagens essencialmente rotineiras. Hayes (1987) atribui importância fundamental ao papel desempenhado pelos conhecimentos anteriormente adquiridos na resolução de problemas. Considera, mesmo, necessário «dramatizar» esa importância.
- 2— Existência de «Referenciais Conceptuais Alternativos» em conflito com os referenciais científicos formais (exemplo: concepções do «senso-comum» em oposição a concepções «newtonianas»). Na última década têm sido desenvolvidos numerosos estudos relacionados com este aspecto (ver, por exemplo, os historiais feitos por Disessa, 1987 e Driver *et al.*, 1983).
- 3— Resolução mecânica provocadora da viciação do aluno em processos de pensamento rígidos, conducentes à «obsessão pela fórmula» e ao «operativismo cego».
- 4— Conflito entre o código de linguagem do aluno e a especificidade do discurso presente nos enunciados; essa especificidade tem a ver não só com o tipo de vocabulário

Nível de sucesso elevado	Nível de sucesso reduzido
Divide-se o problema em partes (sub-problemas); Utilizam-se os resultados desta análise na resolução do problema.	Tenta-se, de imediato, resolver o problema como um todo; revela-se incapacidade na análise da situação.
Encara-se o problema como uma tarefa que exige pensamento analítico e raciocínio elevado.	Encara-se o problema como algo que implica, essencialmente, o recordar de informação memorizada.
Formulam-se hipóteses de trabalho, concebem-se planos de acção (estratégias) e efectuam-se aproximações.	Raramente se formulam hipóteses; revela-se dificuldade na concepção e explicitação de planos de acção; fica-se demasiado ligado à situação não se procedendo a aproximações adequadas.
Classificam-se os problemas em categorias tendo em conta algum critério genérico (por exemplo de tipo analógico).	Encaram-se os problemas um a um; tem-se dificuldade em proceder a analogias.
Avaliam-se criticamente as estratégias quer quanto aos resultados quer quanto aos passos desenvolvidos.	Procede-se de forma mecânica, raramente se analisando criticamente estratégias e resultados.

que é utilizado mas, sobretudo, com a estruturação lógica das proposições apresentadas.

- 5—Inexistência de reflexão qualitativa-intuitiva inicial. Alguns autores, por exemplo Polya (1975), consideram este aspecto fulcral para uma compreensão da «verdadeira natureza do problema». Posição idêntica é defendida por Hayes (1987), ao atribuir ênfase decisiva à fase da «representação» do problema, ou, como diz Prado Coelho (1988), «ter um problema não basta, é preciso saber construir o problema que se tem».
- 6—Bloqueamento afectivo do aluno motivado por frustrações e desmotivações anteriormente ocorridas. (Trata-se de um aspecto a que não se dá a devida importância, mas que se sabe ser crucial).

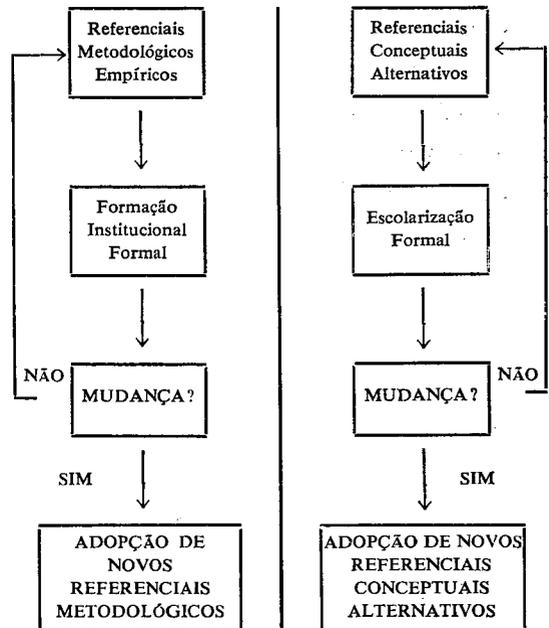
2.2. «Referenciais Metodológicos Empíricos» dos professores — «Referenciais Conceptuais Alternativos» dos alunos: uma analogia pertinente

É legítimo e compreensível colocar, nesta altura, a seguinte questão:

Qual a razão por que, parecendo identificados e caracterizados os efeitos nocivos de uma abordagem tradicional para a resolução de problemas, ela continua a ter a preferência dos professores?

É óbvio que, em parte, essa abordagem impera devido à sua relativa facilidade de implementação. Mas ela impera, também, porque todo o professor possui, à partida, uma formação docente de carácter empírico e ocasional, adquirida ao longo dos anos em que, como aluno, observou e interiorizou os comportamentos e estilos de ensino dos seus próprios professores. Ignorá-lo tem, ao nível do professor, implicações idênticas às que, ao nível do aluno, advêm de não se ter na devida conta os «Referenciais Conceptuais Alternativos» que ele transporta para a escola (Carrascosa, Fúrio e Gil, 1985).

Poder-se-á ilustrar a analogia mencionada com o seguinte diagrama:



3. Uma proposta concreta de ruptura com a didáctica tradicional

3.1. Considerações prévias

Um dos primeiros autores a sugerirem formas concretas de ultrapassar os condicionamentos impostos pela didáctica tradicional foi Polya, através do livro, «How to Solve It». Esta obra, cuja 1.ª edição data de 1945, não teve, na altura, projecção significativa. O próprio Polya o pressentiu ao afirmar: «Este método de resolução de problemas apesar de não estar na moda, tem, no entanto, uma longa história e, talvez, algum futuro» (Polya, 1975).

Na verdade, a previsão de Polya, quanto ao futuro do método que propunha, é, hoje em dia, uma realidade que pode ser evidenciada através do número elevado de publicações que o citam. As linhas de força desse método são as seguintes:

- 1—Existência de uma fase de *reflexão inicial*, de características essencialmente qualitativas, através da qual se possa compreender a «verdadeira natureza» do problema.

- 2—Utilização de *representações externas* (visuais, orais ou verbais) que possam facilitar a «visualização» do problema.
- 3—Concepção prévia de *planos* ou *estratégias* de acção.
- 4—Recurso a *problemas semelhantes* capazes de servirem de modelo ou de fornecerem pistas e sugestões.
- 5—*Análise crítica* dos passos desenvolvidos e dos resultados obtidos.

As ideias de Polya inspiraram muitos dos autores que têm divulgado trabalhos na área da «resolução de problemas». É o caso de Gil Pérez e Martínez Torregrosa no que diz respeito ao «Modelo de Resolução de Problemas como Investigação», por eles divulgado.

3.2. O Modelo de Resolução de Problemas como Investigação

3.2.1. Pressupostos metodológicos do modelo

O modelo de Gil Pérez e Martínez—Torregrosa parte das seguintes bases metodológicas:

- 1—Recusa de problemas assentes exclusivamente em enunciados fechados, que tomem os dados como ponto de partida.

(Rejeição do empirismo radical).

- 2—Recusa da utilização de «exercícios-tipo» que provoquem a fixação dos alunos em esquemas de raciocínio rígidos, bloqueando, desse modo, a transferência de aprendizagem.

(Rejeição de problemas como simples exercícios de aplicação rotineira).

- 3—Recusa de uma didáctica demasiado apoiada em processos de «descoberta autónoma» através dos quais o aluno seja levado a «agir por agir», sem orientação teórica e metodológica adequadas.

- 4—Necessidade de atribuir maior ênfase à formulação de hipóteses e à concepção de estratégias de resolução.

(Desenvolvimento do pensamento criativo).

- 5—Necessidade de proceder à avaliação crítica de dados, de resultados, de hipóteses e de estratégias.

(Desenvolvimento do pensamento crítico).

- 6—Adopção de uma perspectiva construtivista da aprendizagem em que o aluno participe activamente na concepção de hipóteses e estratégias sem que lhe sejam pura e simplesmente impostas.

3.2.2. Fases do Modelo

As fases principais do modelo são as seguintes:

- 1—Conversão de enunciados fechados em enunciados abertos, por supressão de todos os dados numéricos.
- 2—Análise qualitativa-intuitiva da situação problemática proposta, apoiada em representações externas apropriadas.
- 3—Formulação de hipóteses de trabalho, concretizadas em termos de relações funcionais do tipo:

$$y = f(x_1, x_2, \dots)$$

O número e a natureza das variáveis consideradas depende da hipótese concreta que tiver sido formulada.

- 4—Concepção de um plano global de acção (estratégia) o qual pressupõe uma atitude reflexiva perante a actividade a desenvolver e evita o recurso a puras tentativas de de ensaio e erro.
- 5—Execução das estratégias através do recurso a fórmulas adequadas e ao cálculo matemático.
- 6—Análise crítica dos passos desenvolvidos e dos resultados obtidos visando, neste caso, verificar:

—se existe concordância entre esses resultados e as hipóteses formuladas;

—se existe compatibilidade entre os resultados provenientes de estratégias diversas;

—se esses resultados conseguem explicar casos especiais e situações limite, relacionados com o problema proposto.

7—Concretização numérica que pode revelar-se útil no confronto com a realidade, nomeadamente no julgar da plausibilidade de determinados valores e ordens de grandeza atribuídos às variáveis envolvidas.

Ao apresentar-se de forma tão sistematizada o modelo de «Resolução de Problemas como Investigação» não se pretende, e os próprios autores para isso alertam, substituir algoritmos por um outro algoritmo. Pretende-se, tão só, chamar explicitamente a atenção para algumas das fases do modelo que são particularmente descuradas pela didáctica tradicional.

3.2.3. *Um exemplo concreto de utilização do modelo na resolução de um problema de electricidade*

Enunciado

Um condutor metálico cilíndrico, de resistência igual a 10Ω , é percorrido por uma corrente de 200 mA. Determine o valor da intensidade da corrente que irá percorrer um outro condutor do mesmo metal e de igual comprimento, mas de secção dupla, supondo que se manteve constante a d.d.p. aplicada.

Face a um problema deste tipo, o procedimento mais vulgar é o seguinte:

- 1—Faz-se a leitura mais ou menos apressada do enunciado.
- 2—Tenta-se, imediatamente, relembrar fórmulas que se adaptem à situação.
- 3—Escrevem-se essas fórmulas.

Neste caso, escrever-se-iam, eventualmente, as seguintes:

$$V_{AB} = RI$$

$$R = \frac{c}{\sigma S}$$

4—Substituem-se os valores numéricos e fazem-se as manipulações matemáticas julgadas necessárias.

Admite-se que, neste caso, surgissem algumas dificuldades, dado que o processamento matemático exigido não é linear.

5—Aceita-se acriticamente o resultado final obtido; raramente, por exemplo, se analisa a viabilidade da ordem de grandeza que lhe corresponde.

Numa perspectiva de «Resolução de Problemas como Investigação» o procedimento seria, agora, o seguinte

1.º—*Converte-se o enunciado fechado em enunciado aberto*

Um exemplo possível:

«Que acontecerá à intensidade da corrente que percorre um condutor metálico se as características do condutor forem completamente alteradas?»

Repare-se que, para além da supressão dos dados numéricos, este enunciado, ao contrário do anterior, concede ao aluno a liberdade de ser ele a decidir quais as variáveis que deve controlar.

2.º—*Procede-se a uma análise intuitiva e qualitativa da situação problemática proposta.*

Um exemplo possível:

—A intensidade da corrente que percorre um condutor metálico depende dos seguintes factores:

- da *diferença de potencial* aplicada (factor decisivo);
- da *resistência* do condutor, a qual, por sua vez, depende da *temperatura* e das características físicas do condutor: *comprimento, área da secção recta e condutividade eléctrica* (tipo de metal);

—Se pretendermos analisar o feito provocado no valor da intensidade da corrente pelas alterações introduzidas nas características do condutor, teremos de fixar a temperatura e a diferença de potencial (d.d.p.) aplicada.

— Uma vez fixados aqueles factores, pode afirmar-se que:

- a) a dois condutores de idênticas dimensões, mas de metais diferentes, correspondem, em geral, intensidades de corrente diferentes;
- b) a dois condutores que apenas diferem no comprimento correspondem, também, intensidades de corrente diferentes: a corrente é mais intensa no de menor comprimento e é menos intensa no de maior comprimento;
- c) a dois condutores que apenas diferem no valor da área da secção recta, ou seja, na espessura, correspondem, ainda, correntes diferentes: a corrente é mais intensa no mais espesso e menos intensa no menos espesso;
- d) se as características do condutor forem completamente alteradas, a intensidade da corrente irá, em princípio, variar; isso só não acontecerá no caso dos efeitos se compensarem.

PARÂMETROS EM JOGO

a) *Parâmetros Variáveis*

- intensidade da corrente (I)
- resistência (R)
- comprimento (c)
- área da secção recta (S)
- condutividade eléctrica (σ)

b) *Parâmetros a fixar*

- diferença de potencial (V_{AB})
- temperatura (θ)

3.º — Formulam-se hipóteses de trabalho

Relações funcionais

Referem-se alguns exemplos de relações funcionais que os alunos poderiam sugerir, a título de hipóteses:

$$I = f(V_{AB}, R)$$

$$I = f(V_{AB}, R, \sigma, c, S)$$

$$I = f(V_{AB}, \sigma, c, S, \theta)$$

Devem ser evitados, nesta fase, quaisquer comentários críticos relacionados com as relações funcionais sugeridas. Pretende-se, com isso, que sejam os próprios alunos, através dos resultados finais obtidos, a avaliarem a adequabilidade e plausibilidade das hipóteses que formularam.

4.º — *Concebem-se e executam-se estratégias*

Várias seriam as estratégias que se poderia utilizar nesta fase. Elas iriam depender das hipóteses formuladas e da análise qualitativa que tivesse sido efectuada.

No entanto, qualquer estratégia que fosse desenvolvida teria, necessariamente, de recorrer a fórmulas apropriadas. Repare-se que, ao contrário do que tradicionalmente sucede, a *fórmula surge*, neste modelo, numa fase avançada e está ao serviço das hipóteses e das estratégias.

No caso do exemplo concreto que temos vindo a desenvolver, pode admitir-se que, no final desta fase, se chegaria a um resultado traduzido por uma equação do tipo:

$$I = V_{AB} \frac{\sigma S}{c} \Leftrightarrow I = C_{te} \frac{\sigma S}{c}$$

uma vez que V_{AB} é um parâmetro a fixar, necessariamente.

5.º — *Analisa-se o resultado final*

Dever-se-ia, agora, analisar o resultado final obtido, de modo a verificar:

- a) se ele é, ou não, compatível com as conclusões derivadas na fase qualitativa inicial;
- b) se ele permite validar a adequabilidade e plausibilidade das hipóteses formuladas.

Relativamente aos exemplos de relações funcionais que foram apresentados poder-se-ia, agora sim, tecer alguns comentários críticos:

- a) A primeira relação funcional não explicita directamente as variáveis que se relacionam com as características do condutor.

Não constituiria, por isso, uma boa hipótese, tendo em conta o problema proposto.

- b) A segunda relação, embora já as explicita, apresenta, contudo, variáveis que dependem umas das outras: é o caso de R que é, por sua vez, função de σ , c e S .
- c) A terceira relação tem o inconveniente de incluir como variáveis dois parâmetros a fixar (V_{AB} e θ). Aliás, situação idêntica ocorre com as duas outras relações no que diz respeito ao factor V_{AB} .

Situações limite

Poder-se-ia, ainda, verificar se o resultado final permite prever e explicar situações limite como as seguintes:

- a) Quando $S \rightarrow 0$, ou seja, quando a espessura do condutor se torna infinitamente pequena, a intensidade da corrente tende a anular-se.
- b) Quando $c \rightarrow \infty$, ou seja, quando o condutor se torna infinitamente longo, a intensidade da corrente tende, igualmente, a anular-se.
- c) Quando $\sigma \rightarrow 0$ (não condutor) a intensidade da corrente tende também a anular-se.

4. Conclusões e sugestões

Concordando com os seus autores, julgamos que este modelo de resolução de problemas, conjugado com os paradigmas teóricos que o fundamentam, constitui uma proposta metodológica válida. Como tal, ela é susceptível de contribuir para a superação de atitudes necessariamente redutoras, relativas à natureza do conhecimento e da actividade científica, por um lado, e ao enquadramento curricular dos problemas, por outro.

Admitimos, no entanto, que se trate de um modelo que, no imediato e na sua plenitude, não seja de fácil implementação na sala de aula. Julgamos que nem os professores estarão

preparados e sensibilizados para abordagens deste tipo nem os currículos e outras estruturas educativas a isso os estimulam e para isso os formam.

Deste modo, parece-nos realista sugerir aos professores abordagens que conciliem alguns aspectos do modelo com procedimentos considerados mais exequíveis no contexto actual.

Apresentamos assim algumas *propostas*:

1—Quando se tiver de recorrer a enunciados fechados, dar ênfase à análise qualitativa-intuitiva inicial, à multiplicidade de estratégias possíveis e à avaliação crítica dos resultados.

(Privilegiar atitudes de reflexão em vez de permitir o desenvolvimento de hábitos de utilização obsessiva de fórmulas).

2—Conceber enunciados que contenham dados numéricos em procedimento no resto idêntico ao referido em 1.

Colocar, assim, o aluno na posição de ter de optar, fundamentalmente, entre dados relevantes e irrelevantes. Esta é uma situação muito frequente na vida quotidiana, numa sociedade em que a informação se multiplica a um ritmo alucinante.

3—Conceber enunciados com um número insuficiente de dados que levem o aluno à necessidade de tomar consciência da informação em falta e desencadear mecanismos tendentes a conseguí-la.

Pretende-se estimular e desenvolver a capacidade de consulta bibliográfica ou outra relacionada com a recolha de dados.

4—Utilizar, sempre que possível, estratégias de tipo metacognitivo, ou seja, estratégias que ajudem o aluno a tomar consciência dos seus próprios processos de pensamento e a controlar e a avaliar as estratégias a que recorre.

A técnica de «pensar em voz alta» («Think Aloud Technique») é particularmente útil neste aspecto. Ela permite nomeadamente, detectar confusões conceptuais e vícios de raciocínio, contribuindo, dessa maneira, para ajudar o aluno a

avaliar criticamente os processos intelectuais que desenvolve.

Esta dimensão, que julgamos fundamental para a dinamização da investigação nesta área, é objecto de outros estudos em curso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRCH, W. — «Towards a model for problem based learning», *Studies in Higher Education*, vol. 11, N.º 1, 73-82 (1986).
- BRUNER, J. S. — *Towards a Theory of Instruction*, Cambridge, Mass., Belknap (1986).
- CARRASCOSA, J.; FÚRIO, C.; GIL, D. — «Formation du professorat des sciences et changement methodologique», *VIIèmes Journées Internationales sur l'enseignement Scientifique* (1985).
- DEARDEN, R. F. — «What is general about general education», *Oxford Review of Education*, N.º 6 (1980).
- DISESSA, A. A. — «The third revolution in computers and education», *J. Res. Sci. Teach.*, Vol. 24, N.º 4, 343-367 (1987).
- DRIVER, R. *et al.* — «Theories in action: some theoretical and empirical issues in the study of students conceptual frameworks in science», *Studies in Science Education*, Vol. 10, 37-60 (1983).
- GARRETT, R. M. — «Issues in Science Education: problem-solving, creativity and originality», *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 9, N.º 2, 125-137 (1987).
- GAGNÉ, R. M. — *The Conditions of Learning*, (2.ª edição), New York, Holt, Rinehart e Winston (1970).
- GIL PÉREZ, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J. — «A model for problem-solving in accordance with scientific methodology», *Eur. J. Sci. Educ.*, Vol. 5, 447-455 (1983).
- GIL PÉREZ, D., *et al.* — *Iniciation a las Ciencias Físico-Química en la Enseñanza Media*, Vol. 1, Valencia, ICE (1986).
- GOOD, R.; SMITH, M. — «How do we make students better problem solvers», *The Science Teacher*, 31-36 (1987).
- HAYES, J. R. — *The Complete Problem Solver*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates (1987).
- POLYA, G. — *How to Solve It*, 2.ª edição, Princeton, Princeton Univ. Press (1975).
- PRADO COELHO, E. — *A Noite do Mundo*, Lisboa, Imprensa Nacional—Casa da Moeda (1988).
- WOOLFOLK, A. E.; NICOLICH, L. — *Psicologia de la Educacion para Profesores*, Madrid, Narcea (1986).

OLIMPIADAS DE FÍSICA-88

Etapa Nacional (final)

A etapa final das Olimpíadas de Física 88 da SPF teve lugar no Laboratório de Física da Faculdade de Ciências do Porto, a cargo da Delegação Norte da SPF, no dia 25 de Novembro de 1988, conforme se noticiou no último número da Gazeta de Física (vol. 12, pág. 35). Publicamos hoje os textos das provas então realizadas.

Prova para o 9.º ano

Primeira parte (60 minutos)

1 — Os dinamómetros são instrumentos de construção relativamente simples.

1.1 — Constrói um dinamómetro com recurso ao material:

- suporte com haste metálica flexível;
- um corpo de peso conhecido;
- berlindes e saqueta para os colocar;
- clips, régua e transferidor.

1.2 — Elabora um relatório sucinto que refira nomeadamente:

- uma descrição do modo como procedeste;
- uma análise crítica ao dispositivo construído.

Segunda parte (50 minutos)

1 — Um outro dinamómetro vai ajudar-te a responder à questão:

«Como varia a intensidade da força magnética F que um iman exerce sobre o gancho do dinamómetro, com a distância d que os separa?».

Material:

- dinamómetro;
- iman;
- clip;
- papel milimétrico.

1.1 — Faz um planeamento que te permita responder, por via experimental, a questão proposta.