

Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física

II — Objectivos para o Ensino de Física (*)

MARÍLIA FERNANDES THOMAZ

Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3800 Aveiro

1. Introdução

Nesta segunda parte do artigo pretende-se analisar alguns objectivos gerais para o ensino da física à luz da «Psicologia da Construção Pessoal» de George Kelly. O trabalho de Kelly parece oferecer uma teoria e uma metodologia baseadas numa posição epistemológica que põe ênfase na relatividade do conhecimento e no esforço e relevância do indivíduo na construção do seu próprio conhecimento. Se se adoptar a posição de Kelly e a sua metáfora «O Homem-O Cientista» o papel do professor de ciências deixa de ser o de transmissor de conhecimento para passar a ser o facilitador do desenvolvimento das capacidades e atitudes científicas do ser humano.

2. Objectivos para o ensino da Física à luz da «Psicologia da Construção Pessoal» de George Kelly

Numa perspectiva construtivista um dos objectivos da disciplina de física será o de ajudar os jovens a progredir na sua construção de conhecimento, usando como base o conhecimento já existente no indivíduo. Isto ajudará o estudante a desenvolver a habilidade de recordar certos factos e a compreender conceitos e princípios. Outro objectivo, adoptando o modelo de Kelly, «O Homem-O Cientista», é o de ajudar o desenvolvimento, no aluno, de certos «skills» ou habilidades mentais e práticas que são específicas da disciplina de física. Contudo um objectivo mais básico e mais vasto para um ensino construtivista será a utilização dos conteúdos de física como veículos para ajudar a compreensão de, e a simpatia com, os métodos da ciência, para ajudar os jovens a desenvolverem as suas capacidades, atitudes e habilidades científicas. Uma revisão de literatura sobre capacidades revela uma

certa confusão entre estes 3 termos. Enquanto que uns autores identificam certos atributos como «atitudes» outros identificam-nos como capacidades e outros ainda como «habilidades». Como Tasker, Freyberg e Osborne (1982) apontam, parece existir uma certa confusão entre objectivos relacionados com «habilidades», «hábitos científicos», «atitudes científicas» e «atitudes para com a Ciência».

2.1. O Desenvolvimento de Capacidades Científicas

No contexto deste artigo, considera-se «capacidades científicas» como o poder mental adequado para conhecer, compreender e realizar actividades científicas. Uma capacidade científica é por exemplo, a capacidade de ser capaz de encarar situações novas com *espírito aberto*. É a capacidade de ser *curioso* em relação ao desconhecido. É também o poder mental que cada um deve desenvolver de modo a ser capaz de, *criticamente* analisar situações científicas, afirmações, problemas, documentos, resultados experimentais, etc. É o talento de ser *criativo* no sentido científico, isto é, capaz de imaginar e criar situações que possam contribuir para a compreensão dos fenómenos numa nova perspectiva. Outra capacidade científica é a qualidade de ser capaz de realizar trabalho científico num grupo. Isto significa ser capaz de realizar *trabalho de grupo*, sendo um membro activo de um grupo, tendo em consideração os pontos de vista dos outros, sendo capaz de «negociar» os seus próprios em vez de os impor aos outros durante a execução duma tarefa científica. Ainda outra capacidade científica é a capacidade de *auto-confiança*. Entende-se por isto a aptidão que permite a uma pessoa reconhecer as suas próprias possibilidades de embarcar em explora-

(*) Parte I: Gazeta de Física, vol. 10, fasc.º 4, pp. 121-128 (Outubro 1987).

ções científicas. É a capacidade de ter confiança no seu próprio poder não ajudado e no seu próprio julgamento quando requerido para desempenhar tarefas científicas.

Vejamos a seguir como o desenvolvimento destas capacidades pode ser visto como um objectivo da educação em física compatível com uma perspectiva kellyiana da educação.

2.1.1. Capacidade de espírito aberto

O postulado fundamental da teoria de Kelly fala dos processos da pessoa como psicologicamente canalizados pela maneira como ela antecipa os acontecimentos. Os canais são estabelecidos como meios para atingir fins. O processo dum pessoa

«desliza para esquemas que podem ser postos de parte pelos mecanismos que ela adopta para realizar os seus objectivos. Assim o sistema de construção dum pessoa pode actuar como uma estrutura ou como uma prisão.» (Ryle, 1975).

A capacidade de *espírito aberto* tem um papel importante na demolição dessas grades. Se uma pessoa não tiver oportunidades para desenvolver esta capacidade, ou ainda pior, se a sociedade em que a pessoa está inserida actua como um agente retardador do desenvolvimento desta capacidade, o sistema de construção da pessoa transformar-se-á numa «grade» ou numa «prisão» e inibe o seu desenvolvimento. Para compreender a Ciência como actividade humana que é, os nossos futuros cidadãos devem aprender, através de experiências, que as suas ideias do que é verdade podem mudar. Eles devem ser capazes de rever as suas opiniões ou conclusões à luz de nova evidência. Uma tarefa dum professor de ciências (neste particular caso, de física), vista numa perspectiva construtivista é a de criar situações que possam ajudar o desenvolvimento da capacidade de espírito aberto. Maneiras de fazer isto são, por exemplo, dar ênfase às características dinâmicas da Ciência, desenvolver situações em que os jovens possam confrontar os seus diferentes pontos de vista e argumentá-los livremente em discussões de grupo envolvendo colegas e professor. Os professores devem levar os estudantes a com-

preender que o conhecimento está sempre aberto a mudança e revisão.

O conhecimento científico não pode ser visto como a verdade final mas sim como a explicação mais adequada para o mundo existente, numa certa altura. Experiências que promovem espírito aberto incluem aquelas em que os estudantes são confrontados com a necessidade de rever uma crença como resultado de ter adquirido informações novas sobre o assunto.

O carácter evolutivo da Ciência e a relatividade do conhecimento, tão fortemente defendidos por recentes filósofos da Ciência, implica que os professores de ciência, no seu papel de facilitadores do desenvolvimento dos estudantes como cientistas no sentido dado por Kelly, deveriam ajudá-los a desenvolver a capacidade de espírito aberto. Deveriam ajudá-los a ser capazes de aceitar inovações e adquirir a habilidade de processar soluções novas para problemas velhos.

2.1.2. Capacidade de espírito de curiosidade

Para Kelly, a construção da realidade é uma tarefa activa, criativa, racional e pragmática. Para ser capaz de embarcar nesta construção, é de importância vital que a pessoa possua *espírito de curiosidade*. Numa perspectiva construtivista, os professores deverão fomentar nos estudantes o desejo de compreensão quando confrontados com uma situação nova que eles não possam explicar em termos do seu conhecimento actual. Em vez de fornecer informações, os professores deverão motivar os alunos para obterem eles próprios a informação. Uma pessoa *curiosa* põe questões, procura informações e rapidamente inicia e desenvolve investigações. A curiosidade é um produto desejável da instrução. Mas quem são os mais curiosos? Normalmente as crianças pequenas. De certa maneira os nossos alunos vão perdendo o espírito de curiosidade à medida que avançam em idade. A curiosidade aprende-se. Ela pode ser desenvolvida ou reprimida na sala de aula. Situações problemáticas, em que as respostas e explicações não são postas imediatamente à disposição, ajudam a

estimular a curiosidade. Haney (1969) alerta para o facto de que uma das maiores tentações com que os professores de ciências se confrontam é a de dar respostas directas às questões postas pelos alunos, oferecendo imediatamente respostas fáceis. As soluções de problemas deverão levantar novos problemas. O aluno bem ensinado deverá encarar o comportamento humano, estruturas sociais e as afirmações da autoridade com o mesmo espírito de cepticismo que adopta em relação às teorias científicas. É assim que o futuro cidadão que não virá a ser um cientista, aprenderá que a Ciência não é memória ou magia mas sim uma forma disciplinada da curiosidade humana.

2.1.3. Capacidade de espírito crítico

As ideias novas não são aceites em ciência simplesmente porque são novas ou diferentes. Ser cientista significa, além de outras coisas, ter espírito crítico. Uma pessoa com esta capacidade desenvolvida procura evidências e argumentos que suportem as afirmações de outros. Desafia a autoridade com questões tais como: «Como sabe?», «Porque é que acreditamos?» Está preocupada com as fontes do seu conhecimento. Para promover o desenvolvimento desta capacidade de espírito crítico, os professores devem, durante as suas aulas, proporcionar suporte para as generalizações. Os alunos devem ser ensinados a procurar argumentos e evidências que suportem afirmações importantes e devem ser ensinados a fornecê-las nas suas próprias comunicações. Durante as aulas de física existem muitas situações em que o espírito crítico do aluno pode ser desenvolvido. Por exemplo, deve ser pedido aos alunos que interpretem os resultados numéricos de problemas físicos. O modo normal de instrução em matemática envolve o desenvolvimento de estratégias para a resolução dum tipo particular de problemas. É depois pedido ao aluno que aplique essa estratégia em exemplos numéricos. Esses exemplos numéricos são descritos na grande maioria dos livros e por professores como «exemplos», «exercícios», etc., mas raramente lhes é dado o nome de «problemas». Se os alunos não cometem quaisquer erros de

cálculo a solução está correcta. Contudo em física a resolução correcta do ponto de vista matemático pode conduzir a resultados incompatíveis com situações físicas. Uma análise crítica da solução numérica dum problema é uma boa oportunidade para desenvolver espírito crítico. Também a leitura de documentos históricos e bibliográficos fornece situações altamente propícias para o desenvolvimento desta capacidade.

2.1.4. Capacidade de criatividade

A História da Ciência contém muitas descrições de homens e mulheres que quebraram com tradições e olharam a natureza segundo uma nova perspectiva. Uma pessoa criativa está sensibilizadamente aberta a todas as suas experiências, aos outros indivíduos com quem mantém relações e sensibilizada também para todos os seus sentimentos e reacções. No entanto o desenvolvimento deste *espírito criativo* não deve ser deixado ao acaso. Para o desenvolver, na sala de aula, os professores devem proporcionar experiências em que os alunos possam ter oportunidades de planear as suas próprias investigações, bem como imaginar e avaliar a sua própria explicação para os fenómenos naturais. Os professores podem encorajar o comportamento criativo através de: (i) tratar com respeito questões fora do vulgar postas pelos alunos; (ii) respeitar ideias imaginativas; (iii) mostrar aos alunos que as suas ideias têm valor; (iv) proporcionar oportunidades e dar créditos à aprendizagem auto-iniciada; (v) fazer a eventual avaliação de causas e consequências. A propósito de criatividade Torrence, (1985, p. 12) diz «se a criatividade é cedo abafada, transforma-se em imitação». E tal como foi demonstrado por Getzeis e Jackson (1958) o espírito criativo contribui para a aquisição de informação.

2.1.5. Capacidade de trabalhar em grupo

As sociedades modernas, as escolas e mesmo as salas de aulas, são constituídas por uma variedade desconcertante de mundos sociais. Comunidade por si só não é suficiente para a compreensão interpessoal e para o pro-

cesso de interação social. O corolário da sociabilidade de Kelly reconhece que a construção dos indivíduos e dos grupos é negociada com aqueles com os quais eles vivem. Nesta perspectiva o desenvolvimento da capacidade de *trabalhar em grupo* é um objectivo, tão importante como os outros anteriormente mencionados, a ser adquirido através do ensino da física. Para promover o desenvolvimento desta capacidade os professores devem proporcionar situações em que isto possa acontecer. Estas situações podem ser de vária ordem, por exemplo, a análise crítica dum texto, o planeamento duma experiência, a interpretação de resultados experimentais, etc. Quando os alunos estão envolvidos em trabalho de grupo o papel do professor é de andar de grupo em grupo, assegurando-se de que todos os membros participam, respeitam as opiniões dos outros e que não existe nenhum membro que tome o papel de «líder» do grupo duma maneira inibidora da actividade dos outros. Através da minha experiência de 18 anos de ensino em classes de ambos os sexos e de 8 anos de observação de aulas como orientadora de estágio pedagógico, colhi evidência de que em grupos mistos é usual serem os rapazes a tomarem o papel de «líder» do grupo enquanto que as raparigas tomam um papel passivo. Os professores devem estar conscientes destas situações e actuar em conformidade.

2.1.6. Capacidade de auto-confiança

A ênfase na pessoa como construtora de significado é central à posição de Kelly. Ele rejeita a noção dum receptor passivo do conhecimento. Durante a minha vida profissional tenho tido oportunidade de observar situações de sala de aula em que um aluno actua como receptor passivo porque a sua capacidade de *auto-confiança* não está suficientemente desenvolvida para o ajudar a expôr livremente as suas ideias, para o ajudar a ter uma participação activa. Muitas vezes essa capacidade não é fomentada pelos professores que, talvez por não estarem conscientes disso, em vez de ajudar o seu desenvolvimento, actuam de modo a abafá-la. Creio que o objectivo de ajudar

o desenvolvimento desta capacidade de auto-confiança através do ensino de física é compatível com uma perspectiva construtivista do ensino. Esta capacidade revela-se quando uma pessoa é confrontada com diferentes situações que exigem dela uma acção directa, demonstrando uma auto-segurança bem fundada. Se, ao aluno que começa a verbalizar a sua compreensão dos fenómenos físicos sob observação, for negada a oportunidade e o tempo necessário para finalizar a sua acção, isso fá-lo-á perder auto-confiança em vez de a desenvolver. O «tempo de espera» dos professores, uma habilidade considerada em vários estudos sobre a eficácia do professor (ex. Row, 1974; Esquivel, Lashier e Smith, 1978; De Ture, 1979; Shulman, 1979; Tobin e Capie, 1983) não tem sido considerada em relação ao desenvolvimento desta capacidade de auto-confiança. Em minha opinião, a sua maior importância está na possibilidade de desenvolver esta capacidade.

2.2. O desenvolvimento de «atitudes científicas»

Entende-se por atitude científica uma disposição mental, um sentimento ou uma conduta em relação a problemas científicas. Conduzir uma actividade científica duma maneira rigorosa, precisa e correcta é demonstrar possuir a atitude científica de *rigor*. Esta atitude é também evidenciada pela, maneira como as pessoas dão opiniões ou fazem declarações. Ser *intelectualmente honesto*, quando se comunica os seus resultados é também ter uma atitude científica. A atitude mental de ser congruente com as suas próprias afirmações, de não ser auto-contraditório quando da resolução de questões científicas é também considerada uma atitude científica. É a atitude de *consistência*. O poder mental de estabelecer relações lógicas quando da interpretação de fenómenos científicos é também outra atitude científica. É a atitude de *racionalidade*. Demonstrar essa atitude em relação a problemas científicos é actuar dentro duma perspectiva não empirista da Ciência. A pessoa que demonstre capacidades científicas de espírito aberto e espírito crítico encara as questões

científicas com uma atitude de racionalidade. Actuar eficientemente quando da execução de actividades científicas, isto é, otimizar o tempo disponível para a sua realização é ter uma atitude *eficiente* em relação a essa actividade. Uma pessoa que possui capacidades de espírito crítico e de auto-confiança é mais capaz de demonstrar uma atitude de eficiência em relação a tarefas do que outra que as não possui.

Numa abordagem construtivista do ensino da física, aos professores cabe o papel de facilitador do progresso dos alunos nos seus aspectos científicos. É possível promover o desenvolvimento destas cinco atitudes científicas: *rigor, honestidade intelectual, consistência, racionalidade e eficácia* através do ensino de física. Vejamos em seguida algumas estratégias que podem ajudar a desenvolver estas atitudes.

2.2.1. Atitude de rigor

Ajudar o desenvolvimento da atitude de *rigor* durante a execução de experiências e na recolha e interpretação de dados parece ser relativamente simples de adquirir e testar quando os alunos estão envolvidos na realização de experiências se os professores estiverem conscientes da importância desta atitude nas suas futuras vidas como cidadãos. Como um cientista o homem deve ficar impaciente com afirmações vagas, túbias e emocionais sobre o significado de dados experimentais e, ou observações. Isto implica uma atitude de rigor quando da execução de experiências bem como na apresentação dos seus resultados. Os professores devem também ajudar os seus alunos a ser precisos nas suas afirmações o que implica que estes tenham oportunidades para as poder fazer.

2.2.2. Atitude de honestidade intelectual

Se os professores, trabalhando numa perspectiva construtivista, querem desenvolver nos seus alunos a atitude científica de *honestidade intelectual*, eles deverão perguntar-se como é recompensada a honestidade na sala de aula. Que atitude tomam quando após uma expe-

riência os alunos apresentam a resposta «certa» independentemente dos seus resultados experimentais? O valor dum experiência aberta para propósitos de instrução é que ela está mais próxima daquilo que fazem os cientistas nas fronteiras do conhecimento em que as respostas não são conhecidas. Os professores devem ajudar os seus alunos a ser intelectualmente honestos quando, por exemplo, comunicam os seus resultados, encarando essa tarefa como um meio de ajudar o progresso do seu desenvolvimento intelectual.

2.2.3. Atitude de consistência

Normalmente as crianças mostram uma falta de consistência entre as suas acções e afirmações bem como no desenrolar do seu discurso. Durante uma discussão mudam de argumento, contradizendo-se sem se quer darem por isso. O professor, no seu papel de facilitador do desenvolvimento humano, deve criar oportunidades para que os alunos possam expor livremente as suas opiniões, discuti-las com os colegas e ser alertados para a não consistência dos seus argumentos. Ajudar um aluno a rever as suas atitudes e actuações em consequência das suas opiniões e afirmações é ajudá-lo a desenvolver a atitude de *consistência*. Se o professor estiver alertado para a importância desta atitude na maneira como os indivíduos se comportam em sociedade, mais facilmente encontrará e proporcionará no dia a dia da sua profissão situações em que ela possa ser desenvolvida nos seus alunos. Semelhantemente, a interpretação dos fenómenos científicos deve ser consistente com as observações que cada um faz. Para que isto aconteça o professor deve ter um conhecimento claro do que é que cada aluno realmente observa. Será que há consistência entre a observação e a interpretação dum dado fenómeno? Ou será que a interpretação nada tem a ver com aquilo que na realidade o aluno observou? Numa ficha de registo das observações dum grupo de alunos encontrei a seguinte frase, «observámos que as moléculas de açúcar foram ocupar os espaços vazios entre as moléculas de água». Feita a pergunta se tinha sido mesmo isso que

tinham observado a resposta foi, «bem ... foi isso que o professor disse para escrever-mos». Como poderá um aluno assimilar a interpretação dum fenómeno científico se esta nada tem a ver com a sua visão do mundo? Como poderá um aluno compreender, por exemplo, os fenómenos da reflexão e da refacção se o seu modelo para o propagação da luz não implica uma propagação rectilínea da luz? (Uma grande percentagem de alunos no 9.º ano de escolaridade identifica luz com fonte de luz, e como resultado disso, a luz só se move se a fonte de luz se mover). Um outro objectivo da actuação dum professor, trabalhando numa perspectiva construtivista, deverá ser o de ajudar a desenvolver esta atitude de *consistência*.

2.2.4. Atitude de racionalidade

Infelizmente a nossa sociedade encontra-se ainda impregnada de crenças em magia, de preconceitos absurdos e de atitudes fundadas em sentimentos desprovidos de razão. Um grande número de crianças e de adolescentes trazem para a sala de aula certas superstições que ainda existem nos seus mundos (e talvez mesmo dentro da escola!) e mostram falta de racionalidade na interpretação dos fenómenos naturais. Uma outra tarefa do professor de física, trabalhando numa perspectiva construtivista deverá ser a de ajudar a desenvolver esta atitude de racionalidade através do ensino dos conteúdos de física, quer quando os alunos estão envolvidos em discussões de sala de aula, quer quando da interpretação de fenómenos físicos.

2.2.5. Atitude de eficiência

Os professores deverão estar alertados para a importância da atitude de *eficiência* no desenvolvimento humano dos seus alunos. Eficiência é a atitude daquele que tem produtividade, do que obtém resultados, do que é competente. Tenho observado muitas situações em aulas de física em que nem os professores nem os alunos se encontram realmente preocupados em completar o trabalho que deveriam fazer. Para promover o desenvolvimento desta atitude devem ser proporcionadas situações em que os

alunos sejam estimulados a obter resultados num período fixo de tempo, usar eficientemente os meios que têm para organizar e completar os seus trabalhos. Toda a tarefa deve ser levada até ao fim por mais insignificante que pareça.

2.3. O desenvolvimento das «habilidades dos processos científicos»

Para Kelly o comportamento humano não é guiado por instintos (como defendem teorias psico-analíticas) nem é determinado por estímulo e resposta (como defendem as teorias comportamentais e skinerianas). Segundo a analogia de Kelly, «O Homem-O Cientista» e «O Cientista-O Homem» estão ambos envolvidos num processo de observação, interpretação, previsão e controlo (Pope e Keen, 1981). Elkana (1970) faz uma distinção útil entre as tácticas da ciência e as estratégias da Ciência,

«as tácticas da ciência constituem o método especial pelo qual os cientistas procedem a partir dum questão científica bem fundamentada até à sua solução. Faz também parte das tácticas da ciência mostrar, interpretar o resultado experimental à luz da teoria que ajudou a formular as questões ... As estratégias da Ciência são as escolhas de problemas fundamentais originadas pelas re-suposições metafísicas subjacentes».

As tácticas da ciência dá-se usualmente o nome de «processos da Ciência». As habilidades dos processos científicos são as habilidades para usar o conhecimento próprio quando se faz Ciência. Finley (1983) relata uma investigação sobre as fundamentações epistemológicas da concepção dos processos da ciência, tal como têm sido considerados durante os últimos 20 anos por investigadores, organizadores de curricula e educadores em ciência. Os resultados de tais investigações indicaram que «um compromisso com o empirismo indutivista impregnou a visão que existe presentemente sobre os processos da ciência». No seu artigo conclui que quando esse compromisso fica sujeito ao criticismo filosófico, são evidenciadas duas das suas maiores tendências.

«Primeiro, o inquérito visto como um processo indutivo não é sustentável porque não existe um esquema de referência para julgar que factos

devem ser seleccionados ou como devem ser organizados. Adicionalmente não existe nenhuma maneira lógica para deduzir indutivamente afirmações gerais novas a partir de conjuntos de factos. Segundo, a ideia de que toda a informação com sentido ou todo o conhecimento é deduzido directamente da experiência é também insustentável. As nossas percepções são, em larga escala determinadas e seleccionadas de acordo com o conhecimento que possuímos à priori acerca da natureza dos objectos e dos acontecimentos.»

Uma das implicações para a educação em ciência da visão da Ciência defendida por modernos filósofos da Ciência está relacionada com o ensino dos processos científicos. Tal como foi apontado por Finley, os processos da ciência estão estreitamente ligados a contextos. Os processos serão diferentes de disciplina para disciplina e diferentes mesmo numa disciplina quando nela estão a ser tratados aspectos conceptuais diferentes. Finley alerta para que,

«se os educadores em ciência tentam compreender melhor a natureza da Ciência, a relação entre conteúdos e processos deve ser bem compreendida ... Se continuarmos a ver os processos separados do conteúdo, corremos o risco de colocar os alunos numa posição em que é difícil ou mesmo impossível para eles apreender aquilo que se espera que aprendam.»

O desenvolvimento das habilidades dos processos da ciência através do ensino dos conteúdos de física é compatível com uma visão construtivista da educação em ciência. Nesta perspectiva, a Ciência é vista como progredindo à luz do conhecimento existente. O conhecimento conceptual é visto como um incentivo para os processos da Ciência e não como um resultado deles. Isto implica que o desenvolvimento das habilidades relacionadas com esses processos possa ser somente adquirido através da construção do conhecimento científico. Assim, numa perspectiva construtivista, o desenvolvimento destas habilidades de processo científico é encarado também como um objectivo do ensino da física num nível educacional geral.

Neste contexto entende-se por habilidades do processo científico as seguintes: *observação*,

(rigorosa e sistemática); *formulação de hipóteses* (para explicar observações e medidas); *concepção, planificação e execução de experiências*; *manipulação* (de materiais, instrumentos de medida e aparelhos científicos); *comunicação*; *previsão*; *inferição*.

Tal como apontado por Pope e Gilbert (1983), o conhecimento em ciência pode ser visto como progredindo a partir da construção de consenso de uma comunidade científica sobre um determinado tópico. O corpo de conhecimento formal a que chamamos Ciência pode ser visto como construído por, e relacionado com, os compromissos pessoais daqueles que formam a comunidade científica. As crianças, são «cientistas», isto é, têm as suas teorias pessoais e sentem prazer com a experimentação. Através das suas experiências directas com o mundo físico e com o ensino informal, a criança desenvolve um conjunto de teorias pessoais de modo a explicar acontecimentos. O conhecimento científico pessoal das crianças ou as suas ideias intuitivas ou conceitos alternativos (Viennot, 1979); Gilbert e Osborne, 1980; Watts, Gilbert e Pope, 1983) têm uma forte implicação no ensino da ciência. Um grande número de estudos recentes têm mostrado que essas ideias são frequentemente resistentes a mudança e são impenetráveis ao ensino tradicional das ciências, (Viennot, 1979; Thomaz, 1982). Outra tarefa dum professor, encarada dum ponto de vista construtivista, é a de proporcionar aos aprendizes situações em que as suas construções pessoais possam ser articuladas, desenvolvidas e confrontadas com construções formais aceites cientificamente. Para realizar esta tarefa, os professores têm que estar alertados para a existência dessas ideias intuitivas nos seus alunos e imaginar maneiras de as investigar. Mas, igualmente tão importante como isto, eles precisam de ser capazes de ajudar os seus alunos a *tomar consciência das suas próprias ideias sobre as observações científicas*. Somente depois disso podem os alunos entrar em conflito com as próprias ideias e transformá-las ou mudá-las para outras mais científicas que os ajudarão a *progredir quer no seu desenvolvimento inte-*

lectual quer na *construção do seu conhecimento*. Nesta perspectiva, outro objectivo importante para o ensino da física é o de ajudar os alunos a: (i) *tomar consciência das suas interpretações pessoais nas observações científicas*; (ii) *progredir no seu desenvolvimento intelectual e na construção do seu conhecimento*. Se os professores adoptarem uma abordagem kellyiana no ensino da física estarão em boas condições para ajudar os seus alunos a *desenvolver atitudes positivas em relação à disciplina de física e a apreciar a ciência como uma actividade de interesse para o cidadão comum*. Evidência disto é apresentada por Thomaz, 1986.

Em anexo apresenta-se um pequeno extracto da transcrição da gravação duma aula conduzida numa perspectiva construtivista. O extracto é seguido duma breve análise do mesmo.

ANEXO

TRANSCRIÇÃO DUM PEQUENO EXTRACTO DUMA AULA CONDUZIDA NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA

(Aula dada por uma aluna estagiária procurando pôr em prática o modelo construtivista que desenvolveu na disciplina de «Didáctica da Física» no ano anterior).

(9.º ano de escolaridade)

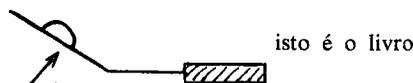
Aula sobre o conceito de «trabalho»

Depois da exploração das ideias intuitivas dos alunos sobre o conceito e da condução duma discussão sobre o sentido científico da palavra «trabalho» a professora apresentou à classe o seguinte problema:

1. P—suponham uma situação em que uma pequenita de 5 anos e um homem de 50 anos levantam um livro muito pesado do chão até à mesma mesa ... o trabalho realizado pelos dois é o mesmo ou não?
(reacção imediata e espontânea da classe)
2. A₅—ohl não ... a pobre pequenita fez um trabalho muito maior do que o homem ...
—a miúda fez um trabalho muito maior ...!
3. P—porquê?
4. A₁—porque ela é mais fraquinha do que o homem ...
5. A₂—sim ... embora o livro fosse o mesmo ...
6. A₃—... e a distância também fosse a mesma ... a miúda ... fez um esforço maior
7. P—bem ... vocês estão dizendo que o livro é o mesmo ... a distância é a mesma ... pensem

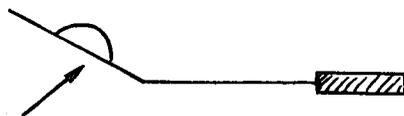
melhor sobre o trabalho realizado por ambos ...

8. A₁—... bem ... mas a pequenita é mais fraquita que o homem ... não é ...?
9. A₄—... mas ... bem ... realmente o trabalho deveria ser o mesmo ...
10. A₃—não pode ser ... pobre mocita!
11. A₅—pois é ... na verdade o trabalho tem que ser o mesmo ... porque ... se o livro é o mesmo ... o peso do livro é o mesmo ... e a distância é a mesma ...
12. A₂—mas o homem não precisa de fazer a mesma força ... porque ele é mais forte que a pequenita ...
13. A₃—(todos a falar ao mesmo tempo)
14. P—por favor ... fala um de cada vez ...
15. A₄—«Stôra» posso explicar? ... julgo ... que já percebi ... a miúda fez um esforço maior do que o homem ... certo? ... mas o trabalho é o mesmo ...
16. A₁—o quê? ... o que é que ela está a dizer? ...
17. A₄—quer dizer ... o trabalho é o mesmo ... mas é relativo ... não sei como hei-de explicar ... mas sinto isso ...
18. A₈—não pode ser! ...
19. A₇—eu julgo que sou capaz de explicar ... ela tem razão ... é relativo ...
20. P—o que é que tu queres dizer com ... «relativo»? ...
21. A₇—posso ir ao quadro? ...
22. P—claro! ...
23. A₇—vou tentar explicar com um desenho ... suponhamos que isto é o braço da miúda (desenha)



isto é o músculo do braço dela

e agora suponham que isto é o braço do homem (desenha)



isto é o músculo do braço do homem ...

claro que o músculo do homem é muito maior do que o da pequenita (risota) ... quando eles levantam o livro a força é a mesma ... é igual ao peso do livro mas no sentido oposto ... e a distância do chão à mesa ... é a mesma para os dois ... então o trabalho é o mesmo para os dois ... então o trabalho é o mesmo ... mas ... bem se pensarmos no esforço feito por cada um ...

bem ... podemos imaginar por exemplo que isso corresponde a ... tirar um bocadinho de cada músculo ... bem ... a quantidade tirada a cada músculo é a mesma ... só que relativamente ao músculo da miúda é maior do que relativamente ao músculo do homem ... estão a ver?



24. A₅ — oh! ... sim
— ... uhm ...
25. A₅ — ... claro ... a miúda fica mais cansada do que o homem ...
26. A₃ — sim ... estou a ver ... embora o trabalho seja o mesmo ...

ANÁLISE

A análise deste pequeno extracto da aula revela os seguintes pontos:

- a professora preocupou-se em proporcionar situações em que as ideias intuitivas dos alunos entrassem em conflito; (1)
- a sua intervenção durante a discussão foi mínima permitindo aos alunos exprimirem livremente as suas ideias;
- exceptuando uma intervenção (14), as restantes foram feitas no sentido de promover a discussão e levar os alunos a pensar por si próprios; (1, 3, 9, 20, 22)
- apesar do conceito «trabalho» ter sido tratado na parte da aula anterior a este extracto, é notório como as ideias intuitivas dos alunos sobre o mesmo persistiram não tendo ainda ocorrido desenvolvimento conceptual; (2, 4, 6, 8, 10, 12, 18)
- é interessante notar como a pouco e pouco, através da discussão, os alunos se foram mutuamente ajudando a transformar as suas ideias intuitivas no sentido de chegar a outras mais correctas cientificamente; (9, 11, 15, 19, 23, 24, 25, 26)
- durante este pequeno extracto podem identificar-se situações em que houve oportunidades para o desenvolvimento de espírito de abertura, de curiosidade, de criatividade, auto-confiança, racionalidade e comunicação. (2, 4, 5, 6, 8, 11, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26)

REFERÊNCIAS

- DETURE, L. — «Relative Effects of Modelling on the Acquisition of Wait-Time by Preservice Elementary Teachers and Concomitant Changes in Dialogue Patterns». *J. of Res. in Sci. Teaching*, **16**, 553-562 (1979).
- ELKANA, Y. — «Science, Philosophy of Science and Science Teaching». *Edu. Phil. and Theory*, **2**, 15-35 (1970).
- ESQUIVEL, J.; LASHIER, W. e SMITH, W. — «Effect

of Feedback on Questioning of Preservice Teachers in SCIS Microteaching». *Sci. Educ.*, **62**, 209-214 (1978).

- FINLEY, F. — «Science Processes». *J. of Res. in Sci. Teaching*, **20**, 45-54 (1983).
- GETZELS, J. e JACKSON, P. — «The Meaning of Giftedness — An Examination of an Expanded Concept». *Phi Delta Kappan*, **40**, 75-77 (1958).
- GILBERT, J. e OSBORNE, R. — «I Understand, but I don't get it — Some Problems of Learning Sciences». *Sch. Sci. Review*, **61**, 664-674 (1980).
- HANEY, R. — «The Development of Scientific Attitudes». In Hans, O. Anderson, (ed). *Readings in Science Education for the Secondary School*, London, Collier — MacMillan Limited (1969).
- POPE, M. e KEEN, T. — *Personal Construct Psychology and Education*. London, Academic Press. (1981).
- POPE, M. e GILBERT, J. — «Constructive Science Education». Paper presented at Personal Construct Psychology Conference, Boston, July 1983 (1983).
- ROW, M. — *Teaching Science as Continuous Enquiry*. MacGraw-Hill (1974).
- RYLE, A. — *Frame and Cages: The Reportory Grid Approach to Human Understanding*. Sussex, University Press (1975).
- SHULMAN, L. — «Research on Teaching: The Missing Link in Curriculum Implementation». In P. Tamir et al. (eds.) *Curriculum Implementation and its Relationship to Curriculum Development in Sciences*, Jerusalem, Israel, Science Teaching Center, Hebrew University, 77-84 (1979).
- TASKER, R.; FREYBERG, P. e OSBORNE, R. — «A Report on the First Phase of the Learning Science Project». Final Report, New Zealand, Department of Education, University of Waikato (1982).
- THOMAZ, M. — «Uma Análise da Compreensão dos Alunos sobre O Conceito de força». Comunicação apresentada no 3.º Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Física, Coimbra, 1982 (1982).
- THOMAZ, M. — «Towards a Constructivist Model for Science Teacher Education». Tese de Ph. D., University of Surrey, England (1986).
- TOBIN, K. e CAPIE, W. — «The Influence of Wait Time on Classroom Learning». *Eur. J. of Sci. Education*, **5**, 35-48 (1983).
- TORRANCE, E. — *Rewarding Creative Behaviour*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, Inc. (1965).
- VIENNOT, L. — «Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics». *Eur. J. of Sci. Education*, **1**, 205-21 (1979).
- WATTS, D.; GILBERT, J. e POPE, M. — «Alternative Frameworks. Representing of School Children's Understanding of Science». Paper presented to the 1st International Symposium on Representing Understanding, Guy's Hospital, London (1982).