

EDUCAÇÃO E ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS: O CASO DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS (A. P.), OBJECTIVOS E FUNDAMENTAÇÃO EPISTEMOLÓGICA E PSICOLÓGICA

JORGE BONITO*

1 - A RAZÃO DO ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS

"If you don't know where you're going, how do you know when you're arrived?"

Mager (citado em Domingos, Neves, & Galhardo, 1981/1987, p. 53)

Desde que o Homem surgiu sobre Terra, a sua vida assenta sobre a Natureza, com ou sem consciência disso. O conhecimento dos seus elementos vivos e/ou inertes motivou o desenvolvimento e evolução da espécie humana. Culturalmente, as etapas foram determinadas pela assimilação progressiva do meio natural.

Lentamente, esta assimilação culminou no aparecimento das distintas Ciências da Terra ou Geociências, que estudam os elementos inertes que formam o planeta, a distribuição deles e as modificações que sofreram ou poderão

* Universidade de Évora

eventualmente sofrer. Além disso, estas ciências procuram estabelecer ainda sucessivos estádios de equilíbrio dos ditos elementos ao longo do tempo, bem como descortinar leis que os regulam. Muitas das Ciências da Terra, caminharam por veredas muito específicas, ficando fora do alcance da população em geral, convertendo-se paulatinamente e no geral, num corpo de conhecimentos unicamente acessíveis aos interessados e iniciados no seu estudo.

De qualquer forma, o Homem continua a viver sobre e com a Natureza. Edifica as suas residências, estabelece as suas indústrias, explora matérias primas e modifica a superfície terrestre para aproveitamentos agro-florestais ou agro-pecuários que são a base do seu desenvolvimento (que deveria ser sustentável) e bem-estar. Como sabemos, a maioria destes empreendimentos ignora o meio físico, ou seja, a actuação é frequentemente agressiva, sem consideração prévia das influências determinadas ou sem prevenir a resposta face à variação de um equilíbrio estabelecido por acção milhenta dos agentes naturais. Começamos a perceber que a humanidade está a perder hodierna e gradualmente a consciência da sua influência sobre o meio físico, onde os equilíbrios funcionam quase como "um meio vivo".

As Geociências, pela sua natureza e objecto de estudo, poderão proporcionar as bases para que se possam perscrutar soluções construtivas, produtivas ou funcionais, resolvendo os problemas colocados pelas comunidades humanas¹. Mas a missão das Ciências da Terra não deverá ficar somente pelo seu contributo científico. Haverá que procurar uma consciencialização a nível geral da influência que a utilização correcta da Natureza tem sobre o ser humano. Importa por isso, tornar estas ciências mais acessíveis e essencialmente, solidamente fundamentadas.

Parece assim que o ensino das Geociências é revestido de um elevado valor formativo insubstituível. Acredita-se que as (re)soluções para muitos dos problemas e crises que dominam actualmente os países, a nível económico e cultural, bem como ambientais, alimentares, demográficos, e da saúde, devem ter em conta os dados fornecidos pelas Geociências.

Exemplificadamente, e de maneira mais manifesta, as Geociências contribuem decididamente para prevenir e resolver situações de vária ordem: hidrogeológicas, agro-pecuárias, piscícolas, de poluição, catástrofes naturais (cheias, erupções vulcânicas, sismos, deslizamentos), uso de recursos energéticos, procura e utilização de matérias-primas, produção de obras de engenharia, etc.. Em suma, contribuem para o entendimento do Planeta Terra em

que vivemos, numa perspectiva histórica da sua evolução, do correcto uso dos materiais que nos proporciona e da previsão e prevenção de fenómenos actuantes no ambiente (riscos geológicos que afectam a actividade humana, bem como a influência da actividade humana nos sistemas geológicos).

A inclusão das Geociências na formação geral e específica do cidadão, desde níveis básicos de educação, contribui com uma forte componente do meio ambiente, conhecimentos básicos acerca de processos físicos, químicos e biológicos que têm lugar nas proximidades do indivíduo, desenvolvendo-se um respeito pela Natureza, evitando acções que supõem alterações indesejadas e irreversíveis do meio ambiente.

Este objectivo prioritário de conhecer a incidência individual sobre um local próximo a fim de aproveitá-lo protegendo-o adequadamente, deve formar parte da consciência cultural básica de todo o cidadão livre. É no fundo aquilo que alegoricamente Alberola (1988) apelida de "geologia nossa de cada dia" (p. 208).

Em 1989, o Comité Nacional da *Association des Professeurs de Biologie-Géologie* em França, emitiu um documento que revela a evolução e exploração que o ensino das Geociências deve ter (citado em Andrade, 1991). Nele podemos ler que o ensino das Geociências deve conduzir a:

- Uma pedagogia diferenciada, personalizada e que implique a actividade do aluno;
- Um conhecimento aberto sobre o mundo e sobre as aplicações directas da[s] ... [Geociências] (geotecnologias);
- Uma abordagem pluridisciplinar dos domínios tratados;
- Desenvolvimento da autonomia do aluno, quer no trabalho individual, quer em grupo;
- Formação de um cidadão consciente das suas responsabilidades nos domínios da ética, da gestão dos recursos naturais, da preservação do ambiente, como elemento integrante que é a NOOSFERA e do ECOSISTEMA TERRA. (p. 11)

O currículo, segundo Stenhouse (1984), pode ser essencialmente entendido em duas acepções: (a) um esquema ou projecto de ensino, e (b) um esquema ou marco de análise do já feito ou do que se faz. Kerr (citado em Zabalza, 1987/1992) dá um contributo interessante, fazendo alusão a um currículo como "um conjunto de aprendizagens desenvolvidas tanto dentro como fora da escola, sempre que tenham sido planificadas e guiadas por esta" (p. 26).

Scurati (1982, citado em Zabalza, 1987/1992) assinala oito princípios que orientam um bom desenvolvimento da ideia curricular. Para este autor tratam-se dos princípios de: (a) realidade; (b) racionalidade; (c) sociabilidade; (d) publicidade; (e) intencionalidade; (f) organização ou sistematicidade; (g) selectividade; e (h) decisonalidade. Zabalza (1987/1992) acrescenta ainda um outro princípio, o de hipoteticidade.

Sinteticamente, podemos afirmar que este posicionamento curricular assenta basicamente em cinco pressupostos. Um currículo produzido deverá ser centrado na escola, estar relacionado com os recursos do meio ambiente, ser consensual, ter incidência directa ou indirecta em todo o leque de experiências dos alunos e constituir um elemento ou entidade clarificador para os agentes educativos (professores, pais, alunos, etc.).

Conjugando estes princípios e pressupostos teóricos, podemos fundamentar o ensino das Geociências sobre quatro ângulos de destaque (Alvarez, Berjillos, García de la Torre, Melero, Pedrinaci & Sequeiros, 1992): (a) um ângulo sociológico, encontrando e justificando, de certo modo, o que se pretende ensinar (Quadro 1); (b) um ângulo epistemológico, perscrutando a construção e metodologia da ciência (Quadro 2); (c) um ângulo psicológico, procurando responder aos aspectos cognitivos da aprendizagem (Quadro 3); e (d) um ângulo pedagógico, visto como prática ou exercício escolar (Quadro 3).

Quadro 1 - Argumentos de âmbito sociológico para o ensino das Geociências

1. Recursos Naturais de origem geológica.	- A prospecção e exploração destes recursos requerem conhecimentos geológicos inquestionáveis (principalmente os recursos não renováveis).
2. Os materiais e estruturas geológicas constituem o suporte básico do meio ambiente.	- Estes materiais ou estruturas condicionam ou determinam aspectos como a paisagem, a agricultura, a ocupação humana do território, etc..
3. Dinâmica dos elementos do meio ambiente.	- Grande parte da dinâmica do meio ambiente depende da dinâmica e de factores geológicos onde intervém o homem.
4. Aplicabilidade das Geociências às Obras Públicas.	- Modernamente são imprescindíveis os estudos geológicos e geotécnicos para a construção de rodovias, ferrovias, edificação de barragens, edifícios, etc..
5. Catástrofes naturais de origem geológica.	- A origem e prevenção de certos tipos de acidentes naturais é muitas vezes possível somente com dados precisos de Geologia e Geotecnia.
6. Alterabilidade e alteração das rochas.	- A solução para compensar os processos de meteorização física e química passa pelo conhecimento detalhado a nível petrográfico e dos próprios processos.
7. Entendimentos histórico e das relações comerciais.	- As pedras que constituem os numerosos edifícios têm origens específicas, possíveis de determinar.
8. Compreensão do Universo.	- As Geociências concorrem com outras ciências, para uma visão global da estrutura e evolução da Terra, como planeta do Sistema Solar e do Universo.
9. Enriquecimento cultural da Sociedade.	- As Geociências fornecem provas inapreciáveis sobre a origem da vida, evolução orgânica e processo de hominização.
10. Proporciona o desenvolvimento de atitudes e valores.	- O ensino das Geociências, nos seus plenos aspectos (v.g., aulas em sala de aula, actividades práticas laboratoriais e de campo) contribui para uma formação holística do formando, essencialmente no contacto com o meio natural.

Quadro 2 - Argumentos de âmbito epistemológico para o ensino das Geociências

1. As Geociências incorporam elementos epistemológicos diferenciados.	- Coexistem uma vertente (de ciência) experimental (v.g., deformação elástica de uma rocha) e uma vertente não-empírica (v.g., teorização sobre a elevação de cordilheiras).
2. As Geociências têm uma elevada componente histórica.	- O geólogo investiga factos passados, irrepetíveis. Procura arquivos (rochas), analisa dados (mineralogia), transcreve a sua linguagem (actualismo), deduz factos (paleoclimas, paleocorrentes, zonas de emersão) e teorias (Tectónica de Placas, formação da Terra).
3. As Geociências estudam (singular e simultaneamente) a História da Terra e da Natureza.	- Não será possível ensinar Ciências da Natureza sem as Geociências contribuírem de maneira única com esta dualidade do seu objecto de estudo.
4. As Geociências apresentam e justificam a noção de Tempo Geológico.	- Sendo o tempo histórico já difícil de conceptualizar, as Geociências emergem um conceito epistemológico fundamental, fundamentando-o e provando-o: o tempo geológico.
5. As Geociências apresentam um grande valor formativo.	- Precisamente devido às suas grandes dimensões de tempo e de espaço de muitos dos seus processos.
6. As construções científicas das Geociências prestam-se a concepções críticas e históricas.	- As Geociências não constituem um corpo doutrinal dogmático. São áreas de estudo recentes.
7. O processo de construção do conhecimento geocientífico é também enquadrado em processos de "ciência normal" e de "rupturas paradigmáticas".	- A teoria da Tectónica de Placas, com pouco mais de 30 anos, revolucionou o modo de encarar a Geologia e permitiu-lhe alcançar um estatuto de ciência formalizada.

Quadro 2 (continuação)

8. As Geociências constituem uma rede conceptual, aliada a uma significativa capacidade de reorganização, facilmente assimilável pelos alunos.	- Comparativamente às outras ciências, o grau de formalização das Geociências é menor, provavelmente devido ao seu desenvolvimento pós-racionalismo e mecanicismo do século XVIII.
9. A aquisição de "skills" na resolução de problemas reveste-se de um papel peculiar em Geociências.	- Desenvolver actividades resolutorias de problemas, requerendo aprendizagens e "skills" específicos, é manifestamente um dos objectivos gerais do ensino das Geociências.
10. As Geociências aglutinam outras ciências.	- Se estudarmos determinados processos tectónicos ou de meteorização, as Geociências estão intimamente ligadas à Física e à Química, mas estabelecem igualmente relações de conexão com a Biologia, a Paleontologia, a Astronomia, a Oceanografia, a Climatologia, a Ecologia, etc..

Quadro 3 - Argumentos de âmbito psico-pedagógico para o ensino das Geociências

1. As Geociências têm grande valor como recurso didáctico.	- Em todo o lado ao nosso redor, existem marcadamente elementos de origem geológica que fazem parte da nossa realidade imediata: um corte de estrada, um monumento, uma estátua, pedras de um balcão, etc.. Estes são os lugares propícios e adequados para se começar uma incursão geológica.
2. As catástrofes de origem geológica constituem elementos motivadores e estimulantes para os alunos.	- Existe um revelado interesse em calamidades como sismos, vulcões, cheias, deslizamentos.

Quadro 3 (Continuação)

3. Abundantes assuntos divulgados na comunicação social relacionam-se directa ou indirectamente com as Geociências.	– Exploração de minas (v.g., Pirites Alentejanas), catástrofes (v.g., terremotos, vulcões), rochas ornamentais, captação de águas, geologia ambiental, minerais, etc..
4. O ensino das Geociências presta-se a um intenso trabalho interactivo e em pequenos grupos.	– As A.P. desenvolvidas no campo (v.g., cartografia) ou no laboratório (v.g., estudo de minerais, rochas, fósseis), bem como as resolutórias de problemas são indicadas para um trabalho conjunto interpares.
5. As Geociências constituem um instrumento útil para o desenvolvimento de determinados "skills" cognitivos.	– Alguns "skills", por exemplo, o sentido de espaço e de tempo, a interpretação de mapas, a orientação, inferência e generalizações e observação focalizada, contribuem para o desenvolvimento de atitudes e valores com desenvolvimento integral e pleno do aluno.
6. Existe um grande número de concepções alternativas de conceitos geológicos que os alunos manifestam.	– Fora e em âmbito escolar, muitas destas C.A. actuam como obstáculos epistemológicos à aprendizagem (v.g., estrutura interna da Terra). A sua identificação e mudança é um trabalho laborioso mas imprescindível na aprendizagem construtivista do conhecimento escolar.
7. As Geociências têm conteúdos com elevado grau de significância.	– Os conteúdos geológicos além do seu significado formal, são frequentemente incrementados com C.A.. Isto facilita a construção de aprendizagens significativas pelos alunos.

8. Os conteúdos geológicos podem organizar-se com uma hierarquização conceptual.	- Da psicologia Ausubeliana sabemos que é fundamental, em didáctica das ciências, distinguir entre conceitos gerais ou inclusivos e conceitos particulares ou específicos. Podemos organizar os conceitos em mapas conceptuais muito bem hierarquizados, que por constatação, constituem facilitadores da aprendizagem significativa.
9. Os conteúdos geológicos são revestidos de grande capacidade de adaptação aos distintos níveis psico-evolutivos dos alunos.	- Os conteúdos podem organizar-se em graus de complexidade crescente, permitindo uma construção progressiva. Podemos partir do concreto (<i>v.g.</i>, análise de rochas, minérias) e/ou estabelecer relações de causa-efeito (<i>v.g.</i>, dobras, falhas, discordâncias). Em modelos de complexidade crescente (<i>v.g.</i>, interior da Terra, dinâmica das rochas ou agentes de meteorização) são exigidos processos cognitivos mais elevados, com maior incidência em termos de teorias globais (<i>v.g.</i>, Tectónica de Placas, Ciclo das Rochas).
10. Muitas das actividades a desenvolver em Geociências requerem uma orientação de um especialista.	- Vygotsky (1978/1979) escreve que o desenvolvimento segue a aprendizagem quando esta é produzida mediante instrumentos adequados (mediação instrumental) e interacção social com especialistas - professores - (mediação social), no contexto da zona de desenvolvimento próximo do aluno. Podemos assim estabelecer tarefas com uma dificuldade ("desajuste indicado") afim de não produzir insatisfação no aluno já que a solução é quase imediata. As actividades resolutorias de problemas requerem a orientação, supervisão e ajuda do professor, que vai auxiliando à medida que encontra obstáculos com "desajuste desindicado" para o desenvolvimento conceptual dos alunos.

Recentemente, Leite, Futuro, Silva, Marques, Praia e Trindade (1994), enunciaram sem exaustão, quatro linhas de orientação para uma educação científica em Geociências:

1. Desenvolver atitudes tais como: curiosidade, criatividade, abertura de espírito, reflexão crítica, respeito pela natureza...
2. Desenvolver capacidades como por ex.: problematizar, conceptualizar, formular hipóteses, testar ideias, interpretar informações, observar...
3. Conceber a ciência como uma actividade humana e cultural, capaz de facilitar uma melhor inserção na sociedade actual...
4. Desenvolver valores em função de considerações éticas acerca de problemas que se colocam à nossa vivência no Planeta e ao meio ambiente que nos rodeia... (pp. 355-356)

Reguant (1993) opina que as Geociências não deveriam constituir áreas optativas na formação escolar dos alunos, mas revestirem-se de uma carácter obrigatório dada a sua importância e unicidade, essencialmente em dois aspectos que demarcam as Geociências das demais ciências: o sentido do tempo e da história e a compreensão das escalas espaço-temporais.

As Geociências deverão ser estudadas essencialmente pelo seu valor formativo. É evidente que os aspectos informativos são importantes e imprescindíveis, constituindo um motivo de compreensão do universo, especificamente da Terra. Porém, o aspecto informativo deverá ser colocado de modo a que dele derivem pautas pedagógicas orientadas para a compreensão de certos aspectos da realidade e da vida que dificilmente seriam revelados por outras ciências.

2 - AS ACTIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS: OBJECTIVOS

Tivemos já oportunidade de revelar numa aproximação à evolução histórica do ensino das ciências (Bonito, 1996a) que a partir dos finais do século passado, as Actividades Práticas (A.P.) passaram a constituir um método importante para ensinar ciências. Embora o seu papel didáctico fosse, em muitos dos casos, profundamente desajustado àquele que defendemos hodiernamente,

estavam, contudo, em congruência com os objectivos do ensino das ciências de então. Um marco de referência especial e valorativo, pelo seu conteúdo e significado, é o Decreto 896 publicado no Diário do Governo em 26 de Setembro de 1914, altura em que José de Matos Sobral Cid era Ministro de Instrução Pública e, posteriormente, a Portaria nº 239 da mesma data.

Hodson (1988) considera que "há uma enorme necessidade de reformular o trabalho prático e que isto começa pela sua definição". De facto, é pelo conceito que as nossas experiências são organizadas, criando uma rede de relações interpessoais resultantes dos processos de categorização. Nesse sentido delimitámos um conceito de Actividade Prática (Bonito, 1996b), etapa preliminar de construções posteriores, como sendo um "valioso e imprescindível método no processo de ensino-aprendizagem das ciências, operacionalizadas em distintas e diversificadas acções, realizadas no espaço escolar (laboratório ou sala de aula) ou no seu exterior, implicando sempre que o aluno seja um sujeito activo no próprio processo de educação" (p. 11).

Apesar dos movimentos actuais de inovação pedagógica, podemos afirmar que a situação ainda não é profundamente favorável, ou seja, a nível de investigação educacional há ainda muito caminho a desbravar acerca das aprendizagens conseguidas e características que as A.P. se devem revestir. Além destes aspectos, alguns estudos (Valente, 1989; Tamir & García, 1992) revelam um número consideravelmente baixo de A.P. realizadas ao longo do ano lectivo, quando comparado com outros países. A formação de professores será o meio para encetar esta mudança na escola portuguesa.

Aceite-se que toda a acção humana é interacção. Supõe-se uma certa influência sobre os outros. Ora a educação, enquanto processo interactivo, previsto ou imprevisto, torna explícita esta interacção que é substancialmente diferente das não educativas. Em educação pretende alcançar-se, no sujeito ou grupo de sujeitos, um estágio mais "elevado" que o anterior. Um estágio que é aceite e procurado pelo sujeito ou grupo de sujeitos, embora não se conheça mas que se sabe poder existir. Um patamar para o qual é preciso saber ir. Há portanto uma meta, um propósito, um fim, um *objectivo* a atingir.

A definição desse(s) objectivo(s) supõe, segundo Zabalza (1987/1992), um processo de reflexão, de depuração e de explicitação do que se quer fazer, pois parece-nos impossível, ou quase, ir sem saber por onde e para onde, correndo-se dois riscos imediatos à vista: o nunca chegar à meta ou passar sem se saber que se chegou. É por isso que Ruivo (1994) refere que "um dos problemas

considerados como sendo o causador da ineficácia [das A.P.] decorre da não especificação dos objectivos que com [elas] se pretendem atingir" (p. 27).

Durante o período em que se assistiu à integração das A.P. nos planos curriculares de ciências pudemos constatar algumas evidências. Por um lado desenvolviam-se actividades indiscriminadas, sem objectivos realizáveis, concretos e definidos, não se obtendo significativos resultados após a sua execução traduzindo-se numa perda de tempo e dinheiro. Por outro lado, em alguns casos surgia essa especificação clara dos objectivos a atingir, embora a sua definição se revelasse muitas vezes errada, desligada de pressupostos psicológicos da aprendizagem e epistemológicos da ciência. Quer numa vertente quer noutra, essas A.P. não produziram um aumento significativo da aprendizagem, interesse, motivação e gosto pela ciência. Ao invés, amiúde criaram angústia, apatia, desinteresse e desmotivação. Um exemplo sobejamente conhecido diz respeito aos resultados obtidos com o ensino da Cristalografia que se desenvolvia no ensino liceal.

É assim evidente a importância da definição dos objectivos das distintas A.P., que deve ser cuidada, com esmero e sapiência aceitando as duas dimensões ou níveis de definição de Fernández (1977): (a) uma definição semântica que leva a uma maior concretização substantiva na definição daquilo que se quer alcançar, e (b) uma definição prática que fornece ideias sobre as estratégias a adoptar.

Neste sentido, Woolnough (1991) concorda com a necessidade de definir os objectivos das A.P. em ciência, mas opina que haverá primeiro que clarificar o(s) objectivo(s) de ensinar ciência. Esta necessidade importante e impreterível foi já por nós decalcada em comentários oportunos que decidimos anteriormente, ou seja, em torno da educação, especificamente da educação em Geociências, e daí agora o nosso avanço directo para os objectivos das A.P. tendo por base aquelas considerações.

A análise literal dos vários autores permite-nos identificar uma panóplia significativa de objectivos, embora em alguns coexista uma miscelânea não diferenciada daqueles das A.P. com aqueles da educação em ciência. Ainda que os primeiros culminem nestes últimos, pensamos que é possível e conveniente individualizá-los para melhor implicar as nossas práticas didácticas.

Logo de início avistamos dois grandes objectivos que acompanharam a introdução das A.P. no ensino das ciências: demonstrar e verificar. De facto, na

maior parte dos *curricula*, as A.P. através dos esquemas "Nuffield", moveram-se alternativamente no sentido da ilustração, verificação e descoberta (Gott & Mashiter, 1991). Pretendia-se com as estratégias adoptadas introduzir..., clarificar..., revelar..., esclarecer..., demonstrar..., comprovar..., averiguar..., examinar..., certificar..., testar..., e posteriormente após os anos 60 com as ideias de Bruner, Gagné, Schwab, Piaget, Ausubel e Karplus, objectivos na área do descobrir..., e reconhecer... factos para se chegar a princípios e, criar... e desenvolver... "skills" de inquérito permeando uma actividade "científica" de (re)descoberta.

Na opinião de H. Kruglak, que publicou em 1951 um artigo com o título "Some behavior objectives for laboratory instruction" (citado em Hodson, 1993) existem basicamente 26 objectivos para as A.P. que podem ser agrupados em seis categorias: (a) "skills" instrumentais, (b) "skills" no uso de experiências controladas, (c) "skills" na resolução de problemas, (d) compreensão funcional de princípios, e (e) outros "skills".

Kerr (citado em Hodson, 1993) em 1963, apresentou aos professores do Ensino Secundário, um conjunto de 10 possíveis objectivos das A.P. afim de seriarem os mais importantes relativamente a cada ano. Genericamente, os objectivos relacionados com o interesse em ciência foram considerados os mais importantes nos dois primeiros anos. Objectivos orientados para o método científico foram apontados como os mais relevantes para aos anos terceiro a quinto, enquanto que objectivos relacionados com o desenvolvimento de "skills" e da capacidade de observação estão mais localizados para o sexto e demais anos.

As A.P. começaram a assumir-se gradualmente, como uma estratégia melhoradora da aprendizagem significativa do inquérito científico e do desenvolvimento das capacidades cognitivas do aluno. Beaty e Woolnough em 1982 (citados em Ruivo, 1994), relacionaram as A.P. com o desenvolvimento de interesses e atitudes. Tomando esta primeira ideia, Hodson (1985) e Denny e Chennel (1986) definem quatro objectivos: (a) estimular o interesse e o gosto, (b) ensinar "skills" de laboratório, (c) ensinar os processos em ciência, e (d) ajudar na aprendizagem de conhecimento científico.

Woolnough e Allsop (1985), a propósito da tricomia das A.P., seriam os objectivos em três tipos:

1. Predispor para a vivência do fenómeno;

2. Desenvolver "skills" práticos e técnicos;

3. Resolver problemas.

Outros autores, metaforicamente defendiam que as A.P. permitiam que os professores ajudassem os alunos a colocar a "carne no osso" dos conhecimentos teóricos, além de desenvolverem ou criarem novos e úteis "skills". O Departamento de Educação e Ciências de Inglaterra em 1985 (citado em Miguéns & Garret, 1991), afirma que "a característica essencial da educação em ciências é que introduz os alunos no método científico" (p. 230).

Kempa (1986) apresenta essencialmente duas razões para se desenvolverem A.P.:

- a natureza da ciência (a ciência é uma matéria prática e depende das A.P. para o seu progresso);
- razões educativas (motivação, ajuda na compreensão dos conceitos científicos, etc.).

Em 1991, Miguéns refere uma lista de objectivos para as A.P. que encontrou na literatura:

1. Desenvolver competências para trabalhar como um cientista na resolução de problemas e desenvolver a capacidade de realizar investigações genuínas.
2. Compreender a natureza do inquérito científico.
3. Ampliar o conhecimento acerca dos fenómenos físicos e naturais, através de novas experiências.
4. Explorar o alcance e limitações de certos modelos ou teorias, testar ideias alternativas experimentalmente e ganhar confiança na sua aplicação prática.
5. Explorar e comprovar as estruturas teóricas da experimentação.
6. Desenvolver algumas capacidades científicas práticas, como sejam os "skills" de observação e manipulação.

7. Desenvolver atitudes positivas, como sejam as de comunicar e cooperar. (p. 43)

Foram cinco as razões que Tamir (1991) apresenta para o recurso às A.P.. Na sua opinião, baseada em outros autores, as A.P. permitem:

1. Compreender conceitos complexos e abstratos da ciência desenvolvendo mudanças conceptuais.
2. Aprender ciência como inquérito, empregando e desenvolvendo conhecimento processual ("skills") dando oportunidade para se apreciar o espírito da ciência e promover a resolução de problemas, análise e capacidade de generalização e atitudes científicas, quando o aluno actua como um cientista.
3. Desenvolver "skills" e estratégias com uma larga amplitude de efeitos generalizáveis.
4. Dar oportunidades únicas que levam à identificação, diagnóstico e mudanças das C.A. dos alunos.
5. Desenvolver a motivação e interesse pela ciência. (p. 14)

Um estudo sobre as A.P., realizado nos países com baixos P.I.B.'s por Terry Allsop (1991), é possível identificar quatro grupos de objectivos:

1. Estimular o interesse e motivação,
2. Aprender "skills" experimentais e técnicas,
3. Aprender os processos da ciência,
4. Alicerçar as aprendizagem teóricas.

Millar (1991), de uma maneira mais resumida opina que existem fundamentalmente dois objectivos que as A.P. permeiam: (a) facilitar a aprendizagem e compreensão dos conceitos científicos, e (b) desenvolver competências nos conhecimentos processuais e no inquérito científico. Este autor aproxima estes dois objectivos, isto é, parte do princípio que com uma mesma actividade é possível desenvolver "skills" e levar à compreensão de conceitos

científicos. Porém cada vez mais, eles começam a ser vistos como duas realidades distintas que requerem por isso, desenvolvimento de procedimentos diferentes, para se operacionalizarem cada um por si. Mais tarde, Clackson e Wrigh (1992) defendem que as A.P. desenvolvem moderadamente técnicas de medida e destrezas manuais, mas contra a opinião de Millar, pensam que o benefício na compreensão de conceitos não é em nada significativo.

Hodson (1993) opina que o mais conveniente é considerar os objectivos para as A.P. agrupados em cinco categorias:

1. Motivar, estimulando o interesse e gosto;
2. Ensinar "skills" laboratoriais;
3. Enriquecer a aprendizagem do conhecimento científico;
4. Dar "insight" ao uso do método científico;
5. Desenvolver determinadas atitudes científicas.

Em 1993, Miguéns realiza um estudo em escolas do Ensino Básico (2º ciclo) no distrito de Portalegre, com base na lista de Thompson e Beatty, onde figuram 21 objectivos para as A.P.. Miguéns (1994) verificou que os professores inquiridos privilegiam objectivos ligados ao ensino-aprendizagem de factos e teorias e ao desenvolvimento de atitudes, em prejuízo dos objectivos relacionados com o desenvolvimento de competências práticas e daqueles ligados à perspectiva construtivista de ensino-aprendizagem.

De entre os 21 objectivos a seriar, os cinco primeiros ordenados são respectivamente:

1. Clarificar e ajudar à compreensão do trabalho teórico,
2. Desenvolver capacidades de cooperação,
3. Tornar os fenómenos mais reais através da experiência,
4. Promover o raciocínio lógico, e
5. Desenvolver certas atitudes de disciplina.

Este autor não duvida ao afirmar que apesar dos resultados não serem conclusivos, estamos perante uma abordagem limitada das A.P..

O número de pesquisas feitas nesta área é revelador que os estudantes e professores desenvolvem diferentes visões acerca dos propósitos das A.P. (Bound, Dunn, Kennedy & Thorley, 1980; Hofstein, Mandler, Ben-Zvi & Samuel, 1980; Denny & Chennell, 1986; Boyer & Tiberghien, 1989; Gardner & Gauld, 1990). Um estudo realizado por Lynch e Ndyetabura (1983) em algumas escolas de Austrália, revela que os alunos do 9º ano colocam maior valor no objectivo "fazer cuidadosas observações", enquanto que alunos do 11º ano defendem o "desenvolver 'skills' de laboratório".

Ruivo (1994) apresenta dois objectivos muito gerais, que suportam a maioria das A.P. usualmente planeadas e realizadas nas escolas. Sintetizamo-los nos que se seguem:

1. Contribuir para a aprendizagem e compreensão dos conteúdos da ciência, e
2. Desenvolver "skills" de processo e de inquérito científico.

Além destes pensamos que outros dois são igualmente importantes:

- Fomentar o gosto, entusiasmo e preocupação pela ciência (questões científicas), e
- Compreender e desenvolver relações entre os domínios de actuação do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade.

Este primeiro objectivo fundamenta-se essencialmente na crença que as A.P. permeiam a aprendizagem dos conceitos científicos. Decorrem daqui as ideias de como a aprendizagem se faz. Referimo-nos naturalmente aos paradigmas da Aprendizagem por Transmissão, Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem por Mudança Conceptual. Com a emergência do novo paradigma (A.M.C.), as A.P. desempenham um papel de destaque que no dizer de Gott e Mashiter (1991) devem proporcionar experiências no sentido de revelar as C.A. dos alunos, e ao provocarem o confronto entre essas ideias e os dados obtidos, conduzir à compreensão do conceito "correcto" em estudo, o mesmo é dizer, que as A.P. deverão destabilizar as "arrumações" dos conceitos e

promover a mudança conceptual dos alunos.

Os processos da ciência constituem meios através dos quais é possível atingir outros importantes objectivos em educação em ciência. Daí pois, que as A.P. proporcionem aqui o desenvolvimento de "skills" de processo tão requeridos ao longo da história do ensino das ciências. Tal forma evidente de preocupação levou Lawson (1989) a argumentar que o desenvolvimento de "skills" de pensamento produziria alunos mais inteligentes e ricas metaprendizagens. Além destas características, os "skills" gerais podem permitir a ponte transdisciplinar que é sempre desejada. Convém porém, acentuar novamente que a ideia de "cientista por um dia" está em crise, o que é bem evidenciado por Tamir (1991) ao demonstrar que o aluno durante as A.P., apresenta atitudes que não se assemelham às de um cientista, mas às de um técnico.

Esta diferenciação entre processos e conteúdos não é contudo, real. Na verdade, as A.P. para a aprendizagem de "skills" contribuem também para a aprendizagem de conceitos, embora alguns autores como Gott e Mashiter (1991) e Clackson e Wrigh (1992) opinem que se tratam apenas de fragmentos de conceitos, onde até muitos são esquecidos tal como metade das experiências realizadas. Talvez a questão resida na confusão dos "processos" enquanto meio ou enquanto fim das A.P. ou do ensino das ciências. Aqueles deverão servir precisamente para desenvolver uma compreensão conceptual, e como tal, adquirem a missão de meio em vez de meta, para chegar aos objectivos do ensino das ciências.

Da Psicologia aprendemos que não há conduta sem motivação. As A.P. constituem nesta área uma estratégia optimizante para criar predisposições e motivos para facilitar a aprendizagem e desenvolver o interesse pela ciência, seus processos e produtos, tão decisivos para operacionalizar o objectivo seguinte.

O quarto objectivo que defendemos relaciona-se directamente com os objectivos da educação em ciência. Há necessidade de conhecer os conteúdos e conceitos científicos, de desenvolver destrezas, "skills" e processos científicos. Tais aquisições deverão permitir conhecer a ciência, como se de uma autópsia se tratasse, compreendendo as suas vicissitudes e contribuições decisivas para a Tecnologia e para a Sociedade. Como escreve Yager (1991), as A.P. são essenciais para o sucesso do ensino C.T.S..

Este conjunto de objectivos, e portanto aquisições no final de um conjunto de A.P., contribuirão no entender de Hodson (1988a) e Woolnough (1991b), para uma maior auto-confiança que se tornará transdisciplinar. Ainda que provavelmente seja demasiado exagerada a opinião de Woolnough (1991b) ao escrever que "o mais importante, se calhar o único atributo que os alunos adquirem do trabalho prático que é largamente transferível é a auto-confiança" (p. 7), não podemos deixar de aceitar esta verdade, já que alguns processos aprendidos, ainda que específicos, alargam os horizontes do pensamento e a visão mais limitada que se tinha do mundo.

As investigações no que concerne às A.P. levadas a cabo junto dos professores durante as suas práticas lectivas têm conduzido a resultados decepcionantes e entristecedores. Continuamos todavia, a acreditar na necessidade e sucesso das A.P. pelas razões atrás apontadas. Haverá sim uma imprescindibilidade de reflexionar as nossas práticas no sentido de serem operacionalizados os objectivos atrás descritos. Adiante, dedicaremos espaço para as implicações necessárias decorrentes desses mesmos objectivos.

Mas será que estes objectivos pensados pelos professores, são efectivamente atingidos, ou haverá eventualmente necessidade de considerar outros? Ou será distinta a importância atribuída às A.P. pelos alunos e professores?

Alguns estudos realizados junto de alunos (Tamir, 1991) apuraram alguns objectivos que estes identificam às A.P.:

1. Possibilitar a realização de experiências verificadoras ou não das suas hipóteses, embora actuando como estudantes e não como cientistas;
2. Criar um ambiente propício ao relaxamento descongestionante das aulas "normais".

Infaustamente estes objectivos aproximam-se mais daqueles que Miguéns (1994) obteve no seu estudo com professores em Portalegre, do que efectivamente dos outros dos investigadores educacionais fundamentados em pressupostos epistemológicos e psicológicos das A.P..

E será a visão dos alunos sobre as A.P. determinante na sua aprendizagem? Naturalmente que sim, pois é a sua predisposição que levará a esse processo complexo que é aprender, sabendo de antemão com Johnstone e

Wham (1982) que muitos consideram as A.P. um problema por requererem raciocínios formais e carga cognitiva excessiva na aplicação simultânea de "skills" intelectuais e práticos, além do prévio conhecimento da matéria em estudo.

3 - UMA FUNDAMENTAÇÃO EPISTEMOLÓGICA E PSICOLÓGICA DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS

Se a actividade científica experimental, terá de raciocinar; se raciocina, terá de experimentar.

Bachelard (1934/s.d., p. 11)

Após o rebentamento das bombas de Hiroshima e Nagasaki no Japão, cujo quinquagésimo aniversário foi celebrado há dois anos, e com o rápido aumento do conhecimento científico, industrializou-se a ciência, e como atesta Hofstein (1988), o laboratório nas escolas viu-se usado mais como confirmação e ilustração da informação difundida no manual escolar, do que meio para se construir ou (re)descobrir ciência. Durante estes anos e até 1960 aproximadamente (Connel, 1971; Garret & Roberts, 1982; Woolnough & Allsop, 1985), a introdução das A.P. era devida a desenvolvimento de "skills", encorajando e promovendo a observação e o contacto directo com o meio natural.

Ao que parece, inicialmente os professores de ciências estavam entusiasmados com o potencial do laboratório, pois apresentava a capacidade de desenvolver a cognição, assumindo por isso o foco central do ensino. Porém passado algum tempo, as actividades de laboratório voltaram à confirmação de factos ou a exercícios formais. É também nesta altura que John Dewey advoga a investigação na sala de aula, desenvolvendo a teoria do interesse, promovendo a noção de aprender ciência fazendo ciência (cf., v.g., Planchard, 1982), juntamente com autores como A. Ferrière e Claparède. A este último é atribuída a responsabilidade da expressão *educação funcional*.

O papel do laboratório no período de 1918 a 1960 é ilustrado no diagrama da Figura 1.

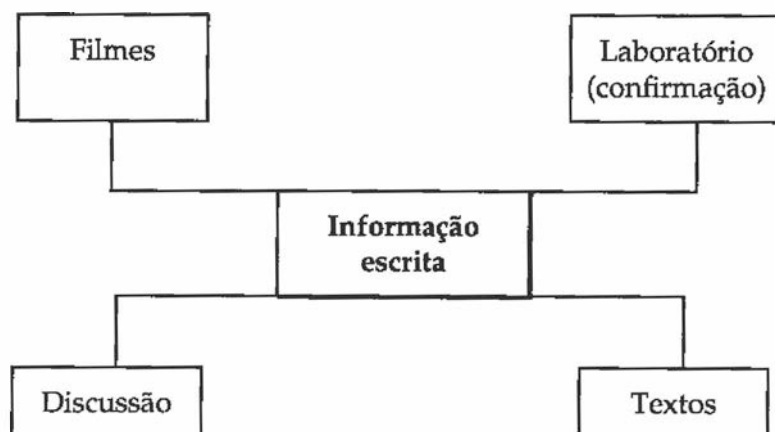


Figura 1. Papel do laboratório entre 1918 e 1960 (adaptado de Hofstein, 1988, p. 191).

Algumas dificuldades organizativas, de recursos e conhecimentos dos professores faziam muitas vezes, abandonar o trabalho de laboratório individual em favor das demonstrações do professor. Hofstein e Lunetta (1982) apresentam um conjunto de argumentos não favoráveis ao desenvolvimento do trabalho laboratorial individual, pois é o aspecto económico que prevalece:

1. Muitos professores do Ensino Secundário são competentes para usarem efectivamente o laboratório.
2. Demasiado ênfase nas actividades de laboratório conduz a reduzida concepção da ciência.
3. Realizar demasiadas experiências torna-se trivial.
4. O trabalho laboratorial nas escolas é muitas vezes afastado, e sem relação, com as capacidades e interesses dos alunos.

Durante toda a história do ensino considerada, a comunidade pedagógica (com algumas excepções pontuais) parecia não ter grandes dúvidas em orientar-se pela tradição intelectual comum da erudição, aliás que vinha já desde a antiguidade - o paradigma da "*Aprendizagem Por Transmissão*" (A.P.T.), ou para

Vidal e Manjón (1993), o *Ensino "desde Fora até Dentro"*.

O processo de ensino-aprendizagem que regula este paradigma de modelo comportamentalista baseia-se numa concepção associativa da aprendizagem e basicamente, consiste num emissor que produz "outputs" (o professor), e num receptor (o aluno) que aceita "inputs", armazenando-os sistematicamente. Os conhecimentos existem exteriormente a nós, resultado de um corpo sólido de saberes científicos já formados. O professor coloca à disposição dos alunos uma colectânea de dados e espera que estes os "inscrevam" na sua mente, que mais não é do que uma *tabulae rasae*.

Apreender os dados significa escutá-los. O que é exigido em troca são desempenhos, anteriormente conteudais, e mais modernamente, comportamentais da exposição dos factos, ou seja, o sucesso da aprendizagem advém do uso da sua actividade mental para amontoar, guardar e recitar as informações apresentadas pelo professor. A própria designação de "dados" é carismática. Representam dádivas gratuitas da natureza presentes à consciência antes de qualquer laboração. Logo, para franco sucesso, haverá que abarcar o máximo possível, afim de ficarmos "cheios" ou "ricos" em dados, tal como o professor já é. Talvez radique precisamente aqui, aquele mau gosto de expressão dos inúmeros docentes dos diferentes níveis de ensino, que ao serem inquiridos sobre a sua profissão, rapidamente opinam: "-Eu dou aulas". No fundo não dão. São veículos de transmissão - *vectores* - dos dados gentilmente ofertados pela natureza.

Rapidamente nos apercebemos que esta posição pedagógica é consequência da aceitação de uma determinada postura filosófica - o empirismo. Esta corrente defende que o conhecimento do Mundo consiste na colecção de factos sobre os quais o Observador não exerce influência subjectiva. Todos os conceitos com significado, com conteúdo científico, podem ser reduzidos a dados sensoriais e as nossas teorias científicas são resumos convenientes das nossas observações. O empirismo implica que não se possa realmente "saber" o que for sobre tudo aquilo que não possa ser observado. Todo o "conhecimento" que proclamemos como tendo sido obtido unicamente através do pensamento reflectirá apenas esse próprio pensamento.

Isto conduziu a uma linha de pensamento baseada na verificação, pela qual o significado de qualquer afirmativa é definido por meio do seu método de verificação, existindo para isso dois processos: a observação das experiências e as ligações lógicas entre símbolos. Daí falarmos em "método científico" que

alguns autores lançam logo o vocábulo "mito" como caracterizador. Esta corrente foi, e continua a ser amplamente aceite, e como sublinha G. Bachelard (citado em Santos & Praia, 1992) "o empirismo é a nossa filosofia natural" (p. 15).

É também nesta época que estão criadas as condições para a chamada pedagogia para a mestria, isto é, Pedagogia por Objectivos (cf., *v.g.*, Birzea, 1982/1984), onde o professor é encarado como um arquitecto e construtor de comportamentos. Estas práticas, que têm as suas grandes condicionantes, essencialmente a nível do ensino das ciências, podem ser lidas à luz de perspectivas psicológicas comportamentalistas, características do "behaviorismo".

Estes postulados associativistas dos modelos comportamentalistas afirmam que a prática e os exercícios (de treino) constituem a via básica da aprendizagem. É possível identificar dois tipos de práticas: (a) distribuídas, e (b) em "massa". Enquanto as primeiras consistem na execução de exercícios variados (com vínculos diferentes) em sessões de duração e frequência restrita, as segundas, caracterizam-se pela realização de numerosos exercícios iguais (com o mesmo vínculo) de maneira intensa.

Hilgard (1984, citado em Vidal & Manjón, 1993) levanta ainda duas questões:

1. Se a transferência das aprendizagens for menor do que se suponha, é mais rendível ensinar directamente qualquer aprendizagem do que fazê-lo pelo caminho da transferência.
2. O método de ensino utilizado condiciona a quantidade de transferência.

Decorrendo do que dissemos, as A.P. visavam por um lado, verificar e por outro, ilustrar conceitos, teorias e princípios. Vêm daqui os tradicionais protocolos, "receitas de cozinha" (Ruivo, 1994), ou "exercícios de culinária" (Miguéns, 1991). Guias, altamente dirigidos, levam o aluno aos resultados ideais e correctos, onde todos os procedimentos são meticulosamente descritos para a imaginação não ser tentada a criar ou até, raciocinar. Porém, estas práticas "não conduzem a uma compreensão eficaz da teoria subjacente a esse trabalho" (Woolnough, 1991b, p. 4). Este tipo de estratégias acabou por conduzir "a uma rotina laboratorial, a uma deificação e pretensa imitação do 'método científico'" (Santos & Praia, 1992, 15).

A título de exemplo, meramente demonstrativo da influência da corrente empirista na A.P.T., nomeadamente na produção de textos didácticos, queremos referir o *Compêndio Elementar de Mineralogia e Geologia* para o 2º ciclo liceal, de F. T. Cavique dos Santos e de R. da Silva Leal, publicado pela Livraria Popular em 1938. É claramente evidente o objectivo de transmitir um maior número de informação possível para uma assimilação tão grande quanto possível. Curiosamente, passados 25 anos (1963), a Coimbra Editora publica o *Compêndio de Mineralogia e Geologia* para o 2º ciclo liceal, de Manuel de Oliveira Faria, utilizando ainda os mesmos pressupostos filosóficos para a aprendizagem das Geociências.

O lançamento do Sputnik em 1957 marcou profundamente a formação científica. A possibilidade da investigação espacial levou muitos países, especialmente os mais desenvolvidos tecnicamente, a repensarem a formação ideal dos futuros cientistas e tecnólogos. Concomitantemente a educação passou a ser um capítulo mais consistente e preocupante dos Estados, onde os cientistas se comprometeram a elaborar projectos que dariam suporte a uma séria formação em ciência.

No início da década de 70, começaram a surgir sérias críticas ao modelo da A.P.T.. Na realidade, verificava-se uma elevada taxa de insucesso escolar, grande desinteresse e desmotivação pelas áreas das ciências, e com o crescente aumento de conhecimentos científicos, por aquela ordem de ideias, havia cada vez mais que transmitir um maior número de informações para armazenar, servindo o aluno de "stock" enciclopédico. Havia a ideia de reproduzir na aula o trabalho do cientista, onde os alunos "crianças-cientistas", seguiriam a metodologia do trabalho científico.

Na "Nuffield Chemistry" é possível ler: "os alunos deveriam chegar a uma compreensão do que significa aproximar-se cientificamente a um problema que lhes durasse toda a vida... A nossa principal preocupação será motivada por serem cientistas na abordagem dos problemas" (1966, citado em Gutierrez et al., 1990, p. 40). Da mesma forma, o "Nuffield Physical Science" expressa a preocupação de "prestar atenção aos objectivos e métodos da ciência e às categorias do pensamento científico assim como aos lucros e aplicações da ciência" (1973, citado em Gutierrez et al., 1990, p. 41).

Tamir (1991) expressa também que a mudança para cursos orientados para o laboratório, durante os anos 60, não foi seguramente baseada em dados que revelavam os méritos ou utilidade desses cursos. Ao invés, foram precisamente

as convicções dos cientistas de responsáveis educacionais que encetaram esta mudança, aquilo que Hodson (1988a) chama "feelings" profissionais acerca das evidências da sua eficácia obtidas por trabalhos empíricos.

Santos e Praia (1992) pensam que as crenças, valores reconhecidos, teorias, conceitos e técnicas da pedagogia intuitiva convergiram para o destronar do paradigma da escola tradicional. Emerge assim um novo paradigma: a "Aprendizagem Por Descoberta" (A.P.D.), reclamada por um construtivismo Piagetiano, de modelos psicogenéticos, exigindo um aluno activo.

Um método passivo ou mecânico (Quadro 4) pressupõe que o aluno é guiado de "fora para dentro", para executar um acto logo de início, sob a forma definitiva e "perfeita". A aprendizagem resultante é passiva, pelas mesmas características. No método activo (Quadro 4), o aluno é deixado a si próprio e deve conseguir chegar, pelos seus próprios meios (ou com alguma, mas não directiva, orientação), aos resultados. A aprendizagem resultante é, consequentemente, activa.

Quadro 4 - Características das Aprendizagens Significativa e Mecânica.

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	APRENDIZAGEM MECÂNICA
• Não arbitrária, não verbalista, com incorporação substantiva do novo conhecimento dentro da estrutura cognitiva. • Esforço deliberado para relacionar o novo conhecimento com conceitos de ordem superior, mais amplos, dentro da estrutura cognitiva. • Aprendizagem relacionada com factos ou objectos da experiência. • Compromisso afectivo em relacionar o novo conhecimento com as aprendizagens prévias.	• Arbitrária, verbalista e incorporação não substantiva do novo conhecimento dentro da estrutura cognitiva. • Não há esforços para integrar o novo conhecimento com os conceitos existentes na estrutura cognitiva. • Aprendizagem não relacionada com factos ou objectos. • Não existe compromisso afectivo em relacionar o novo conhecimento com as aprendizagens prévias.

Piaget sempre defendeu que é o próprio aluno (sujeito) que deve activamente (re)construir o conhecimento, que advém de uma convergência de factores potencializados pelas suas actividades. A inteligência do aluno não é, e não pode ser considerada vazia, ou partir-se do zero. A (re)construção é sempre feita a partir de algo. Os alicerces, estruturas organizativas, são saberes já existentes que ao serem desequilibrados, dão origem por acomodação a uma assimilação, e como tal à aprendizagem significativa.

É certo que inicialmente, ou mesmo durante todo o processo, surgem abundantes erros, mas trata-se de uma *felix culpa*. Os erros desempenham um papel positivo favorável à aprendizagem. No fundo não são erros, mas ensaios activos de ajustamento da conduta ao modelo desejado. Mesmo quando surge um verdadeiro fracasso, o erro continua útil, pois o engano é um meio muito útil para compreender as causas do erro, evitando-o mais tarde.

A aquisição de conhecimentos pode ocorrer de duas formas: percepção e aprendizagem. Embora a percepção capte o imediato da realidade exterior, só se conhece o objecto na medida em que se possa interagir sobre ele, o que implica actividade. Vemos aqui, que esta ideia de conhecer esteve na base da mudança paradigmática na Física de Einstein e Bohr, chegando por arraste mais tarde à Psicologia e depois, à Pedagogia.

Na A.P.D. tem-se a convicção que a própria observação conduz à aprendizagem de qualquer conteúdo científico. Os resultados dos trabalhos experimentais, radicados no sensorial e no imediato, conduzem à descoberta de factos "novos". A sua interpretação, mais ou menos duvidosa, levará de forma natural e espontânea, à descoberta de ideias, em princípio, das menos elaboradas às mais complexas. Esta metodologia, amplamente defendida por Bruner, radica numa concepção estrutural da aprendizagem conduzindo ao que Vidal e Manjón (1993) apelidam de *Ensino "desde Dentro para Fora"* (p. 159 ss.).

Na opinião de Emile Planchard (1982), o método da (re)descoberta não é mais que "uma forma moderna da *meiêutica* de Sócrates" onde a "ciência-balanço" (já elaborada), dá lugar à "ciência-investigação" (ou que se elabora), assumindo que, toda a actividade é centrada no sujeito, orientada para a produção de ideias a partir de factos.

Bruner (citado em Vidal & Manjón, 1993) propõe organizar o ensino de acordo com uma série de princípios face a este paradigma:

1. O ensino deve dar aos alunos a oportunidade de explorar situações.
2. O professor deve esforçar-se por desenvolver nos alunos a atitude de atingir metas mais além da informação dada, seja por intermédio de generalizações ou transferências.
3. O ensino deve partir da linguagem representativa do aluno.
4. É importante reforçar as atitudes e comportamentos dos alunos, beneficiando em primeiro lugar, a motivação intrínseca e depois a extrínseca.
5. Além do treino e prática, o ensino deve ser essencialmente heurístico.
6. A actividade resolutória de problemas é uma estratégia metodológica fundamental.

Esta nova corrente foi bem acolhida pela Didáctica das Ciências, pois tal como Bachelard opinava, a descoberta era a única maneira activa de aprender e fazê-lo era realmente ensinar. Com Virgílio diríamos, *felix qui potuit rerum cognoscere causas*.

Durante os anos 60 e 70, houve consenso e desenvolvimento de projectos curriculares importantes para o ensino das ciências, quer fosse Astronomia, Biologia, Física, Geologia, ou Química. Podemos destacar o A.S.E.P. ("Australian Science Education Project") na Austrália, os B.S.C.S. ("Biological Science Curriculum Study"), C.H.E.M. ("Chemical Education Material Study"), C.O.P.E.S. ("Conceptually Oriented Program in Elementary School"), E.S.C.P. ("Earth Science Curriculum Project"), P.S.S.C. ("Physical Sciences Study Committe"), S.A.P.A. ("Science Process Approach") nos Estados Unidos da América, e o "Nuffield Project Study" no Reino Unido.

Entre nós merece especial referência, pela sua influência e entusiasmo, o B.S.C.S. e o "Nuffield Project Study", que marcaram determinantemente os nossos currículos, manuais escolares e práticas de ensino, como aliás pretende ser, por exemplo, o "*New Unesco Source Book for Science Teaching*", de 1973, publicado entre nós quatro anos mais tarde pela Editorial Estampa.

As A.P. desenvolvidas nas aulas de ciências visavam agora envolver os alunos em actividades investigativas, de descoberta, resolutórias de problemas, dando lugar à imaginação e à criação, onde os professores encorajam a

descoberta de novos conceitos e as relações conceptuais (Michels, 1962; Ramsey & Howe, 1969; Jones, 1970; Allen, Barker & Ransden, 1986; Obiomba, 1986). É nesta altura, que a "Nuffield Physics" (1966, citado em Gutierrez, Marco, Olivares & Serrano, 1990) refere que "os cientistas têm uma maneira característica de pensar, planificar e trabalhar, a que chamamos *método científico*" (p. 42). Sendo assim, o laboratório torna-se o palco da instrução em ciência, que Hofstein (1988) retrata no diagrama da Figura 2.

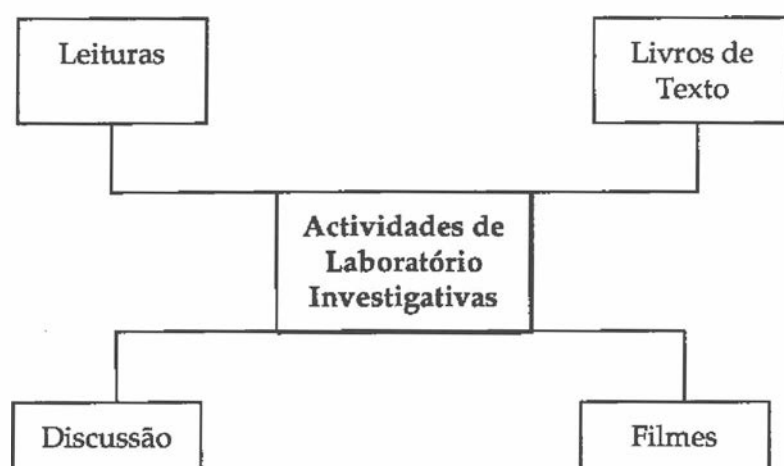


Figura 2. Papel do laboratório entre 1960 e 1980 (adaptado de Hofstein, 1988, p. 190).

As A.P. assumiram um novo papel neste acto. Eram ainda por muitos, consideradas exclusivamente sinónimo de trabalho laboratorial, e vêem-se agora revestir de um carácter peculiar. De auxiliares às verificações empiristas, passam para "pivot", eixo e centro do processo de ensino. Para que tal acontecesse, teriam de ocorrer duas mudanças a saber: (a) a maior parte do trabalho laboratorial lideraria o ensino das ciências, e (b) a componente verificacionista deveria subordinar-se à de conceptualizar e realizar experiências para os estudantes confrontarem com os problemas relacionados com a prática da ciência. O importante era fazer alguma ciência. Então este fazer conduziria à compreensão de certos conceitos básicos.

A esta forma guiada de (re)descoberta, seguiu-se nos anos 80, um período de nova crise. Para Osborne (1993) o erro é acreditar que a única maneira de as crianças processarem activamente a informação para desenvolver a sua compreensão conceptual em ciência é através das A.P.. O aluno ia para o laboratório como um "pequeno-cientista", afim de (re)descobrir o que os cientistas já tinham descoberto. Os alunos tornavam-se "cientistas por um dia" (Gott & Mashiter, 1991) como "se ser cientista fosse algo que se pudesse ser colocado à margem ao voltar ao mundo real" (p. 55). Para Stevens (1978) e Wellington (1981) (citados em Woolnough, 1991b) este comportamento dual do "cientista por um dia" aliado à (re)descoberta pré-determinada do conteúdo científico já descoberto eram, lógica e praticamente, incompatíveis.

Há um excesso de intuição e bom senso na A.P.D., onde o aluno sistematica e autodidacticamente, descobre ideias a partir de factos, convicto que todo o conhecimento é produzido por tal processo. Tal crença cria "ilusões de universalidade e de espontaneidade" (Santos & Praia, 1992, p. 20). É valorizado o chamado "pensamento primeiro" (Santos, 1991b, p. 109) que não convida à reflexão e se radica na crença, na afectividade e no imaginário. É relegado para segundo plano o "pensamento segundo", que engloba processos de pensamento mediatos, racionais e conscientes com interacções verbais e de instrução específica. Santos & Praia (1992) não têm dúvidas ao afirmar que a A.P.D. é uma ilusão que desenvolve nos alunos outra ilusão - "a ilusão da descoberta" (p. 20).

O próprio método científico é hoje amplamente questionado. Se atendermos que em ciência, a experiência (seja ela sem resposta filosófica final) é uma etapa crucial da sua produção, quando falamos de método, falamos de contradição. É que método no seu sentido cartesiano é assumido como "um repertório obrigatório de procedimentos canonicamente definidos" (Thom, 1988, p. 13), lineares, repetitivos, sequenciais, universais, dogmáticos e pacíficos. Daí que Moraes da Silva (1961/1988) esboce a ideia de "ordem" (p. 493) e que Costa & Melo (1977) não tenham dúvidas ao definir método por "uma maneira ordenada de fazer as coisas" (p. 943). Embora o cientista actual não procure seguir as prescrições empiristas de Bacon ou de Mill, ele vai mais longe e coloca em dúvida esses próprios conselhos racionalistas cartesianos.

Na perspectiva racionalista a dúvida não poderá ser excluída do método. São as teorias que geram experiências e atribuem significado aos factos. Há que abandonar os guiões ou protocolos rígidos, aquelas "receitas de cozinha", para se assumir uma multiplicidade de métodos e de procedimentos, que no entanto mantém um procedimento racional para se chegar a um determinado fim. O

método então a seguir, ou vulgarmente referido como um conjunto de fases, tem que ser sinuoso, ramificado, diversificado, incerto e contrariado (Santos, 1991b). A necessidade é a da produção contínua de novas ideias, cada vez mais racionais, repensadas, abstratas, gerais e cépticas, para não se ser conquistado pela suas próprias ideias.

O método científico na perspectiva racionalista (ao invés da empirista) não se deixa dominar pela natureza. Fustiga-a a justificar as novas ideias concebidas. É activo, dialectal e pouco contextual. Como nos diz H. Mackim Steele, "se nos voltarmos completamente contra o método científico, teremos um grande problema - a noite cairá, . . . mas defender a ciência como está neste momento é algo que não podemos fazer" (citado em Condon, 1995, 27 de Agosto).

Na perspectiva de Popper (cf., Fitas, 1988), a ciência avança testando a verdade eliminando a falsidade, através das "experiências cruciais", admitindo hipóteses de hipóteses, que à partida parecem não dar nada. Mas o erro mais comum é o de elevar "o" "método" científico à categoria de método de ensino. Além das críticas já apontadas à A.P.D., Wellington (1981, citado em Praia, 1995) opina, que o ensino das ciências deveria conduzir o aluno ao "descobrir porque" e não ficar apenas no "descobrir que" (p. 109). É necessária a familiarização com a metodologia científica como um objectivo educacional explícito, uma vez que ao longo da História da Ciência, podemos constatar que o método científico adapta-se a situação concreta, e portanto, está em devir.

Pretendemos mais um ensino das ciências centrado nos processos do que nos produtos. Inculcar aos alunos a ideia de que estão na fronteira da pesquisa científica torna-se um erro. É que não pretendemos na sala de aula produzir ciência. Os objectivos do ensino das ciências são distintos dos objectivos da produção científica. Confundi-los é criar ilusões aos alunos.

Nas A.P. desenvolvidas na A.P.D., a observação livre e neutra, reduzida de teorias, deveria conduzir todos os alunos aos mesmos factos. Ora nós sabemos que isto é utópico. É impossível fazer uma observação que não esteja minimamente orientada por concepções que já tenhamos produzido. Laplace (citado em Hanson, 1977/1985) reconheceu a indispensabilidade da observação em todos os pontos. Face a esta tarefa difícil e irrealizável, pois a riqueza de informação é tanta que os sentidos não a conseguem abarcar, Millar (1991) propõe a selectividade para resolver esta situação. E esta selectividade é inevitavelmente guiada pela teoria ou teorias que possuímos acerca do que observamos e inclusive, sobre a própria técnica de observação. É por isso, nesta

fase, importante o acesso a informação conceptual relevante.

Precisamente um dos problemas mais difíceis de resolver em A.P. em ciências diz respeito às relações entre a teoria e a prática, ou de outra forma, entre o conteúdo e o método. Serão as A.P. que auxiliam compreensão teórica ou esta que capacitam as práticas? Layton (1973, citado em Woolnough, 1991b) escreve que os mentores dos currículos dos anos 60 dedicaram pouca atenção à problemática destes dois aspectos. Fensham em 1988 (citado em Woolnough, 1991b) refere que subsequentemente os cursos de ciências reduziram o papel das A.P. para incrementar a aprendizagem conceptual, o que logo após se inverteu para se aprenderem um conjunto de "skills" afim de se ganhar confiança ao aplicar o conhecimento científico na resolução de problemas da sociedade.

Quando começaram a delinear-se modelos pedagógicos construtivistas, a A.P.D. vê-se numa crise, evidente pelas contestações e limitações que lhe estavam naturalmente associadas. Nova emergência de paradigma: a "*Aprendizagem por Mudança Conceptual*" (A.M.C.) contraposta aos anteriores modelos, que baseados em correntes epistemológicas empiristas/indutivistas e psicológicas comportamentalistas, se podem denominar agora por modelos de *Aprendizagem por Aquisição Conceptual* (A.A.C.), que Santos e Praia (1992) vão ao ponto de englobar esses modelos num paradigma envolvente - o da *Aquisição Conceptual*.

Hodiernamente pensa-se que a aprendizagem conceptual não se inicia na escola. Também se pensa que não acontece somente por sobreposição ou acumulação de mais informação à já existente, nem por associação e ordenação de conceitos entendidos, vistos como uma contestação directa à experiência. Segundo os modelos interactivos baseados numa concepção predominantemente estruturante da aprendizagem:

1. As aprendizagens adquirem-se através de processos diferenciados em função do seu carácter. Admite-se tanto uma aprendizagem associativa como uma aprendizagem por reestruturação cognitiva.
2. Os conteúdos culturais do ensino são elementos essenciais dos processos educativos, e daí a importância de seleccioná-los adequadamente.
3. O meio social-humano e cultural tem um papel determinante no desenvolvimento cognitivo dos indivíduos.

A mudança conceptual na aprendizagem diz respeito às mudanças nos conteúdos conceptuais, mas essencialmente, aos câmbios no sistema cognitivo para poderem aprender-se esses mesmos conteúdos. Assume particular sentido, para esta via, o actual movimento psicológico do pensar, com particular relevo para a metacognição e programas para ensinar/aprender a pensar e a aprender (cf., *v.g.*, Bryant, 1991; Herrero, Cuesta, Grossi & Rodríguez, 1991; Pennings & Span, 1991; Novak, 1991; Almeida, 1993; Morais, 1993) e para os pensamentos criativos e críticos, que condicionam a capacidade de resolver problemas que é necessário encarar na sociedade (cf., *v.g.*, Alencar, 1991; Oliveira, 1992; Alencar, 1993).

Os modelos de A.M.C. radicam no Movimento das Concepções Alternativas (M.C.A.). Este movimento, que está ainda a emergir, teve como precursores na Psicologia, Piaget e Ausubel, os quais acreditam que o conhecimento resulta de uma convergência de factores que são potencializados pela actividade do sujeito, e na área da Epistemologia racionalista contemporânea, autores como Bachelard, Kuhn, Lakatos, entre outros.

Genericamente, todos nós - alunos e professores - (cf., Wehling & Charters, 1969; Zeitler, 1984; Porlán, 1995) produzimos representações durante o processo de construção do saber, relativas a tópicos da ciência, que podem ou não constituir alternativas aos conceitos científicos actualmente correctos. São as "concepções alternativas" (C.A.) (Carrascosa & Gil, 1985; Santos & Cruz, 1988; Santos, 1989; Gil *et al.*, 1991; Santos, 1991a; 1991b; 1991d; Duarte & Faria, 1992; Santos, 1992), "ideias intuitivas" ou "pré-concepções" (García Hourcade & Rodríguez de Avila, 1985; 1988), "ideias prévias" (Granda, 1988), "erros conceptuais" (Lillo, 1993), "conceitos prévios" (Bastida, Ramos, Luffiego & Soto, 1994) ou "esquemas alternativos" (Driver & Easley, 1978).

Distintos sujeitos produzem concepções distintas com base na mesma informação. Esta actividade de processamento, da experiência e da informação, tem como referencial teórico prévio as concepções anteriores referentes a esse objecto. A maioria das concepções apresenta um carácter mais ou menos dinâmico e poderá alterar-se com relativa facilidade. São precisamente aquelas mais susceptíveis de serem influenciadas pela experiência, mais explícitas e que possuem um grau de abstracção menor. Outras porém, são muito estáveis e resistentes à mudança, possuem um maior nível de abstracção e permanecem num nível mais oculto da pessoa. Este último tipo de concepções constitui o substrato epistemológico do edifício cognitivo do professor e delas depende, na grande maioria, as concepções pessoais.

Nos modelos de A.M.C. a questão não está em como se adquirem os conceitos, mas em saber como se mudam. Nestes modelos não há lugar para a transmissão de saberes. O aluno não é um sujeito pré-constituído, mas uma entidade a constituir-se, "que se auto-regula e auto-transforma à medida que constrói, [destrói] e transforma os seus conceitos" (Santos, 1991d, p. 114).

Quando as operações cognitivas de mudança marcam roturas com as C.A., falamos de Modelos de Captura Conceptual (M.C.C.). Outro tipo de modelos, os Modelos de Troca Conceptual (M.T.C.) preconizam a necessidade de se chamar à consciência as C.A., com o intuito de conseguir a desorganização estrutural, construindo os novas concepções com base na rectificação das anteriores.

Este movimento presente, que Santos e Praia (1992) entendem como "uma verdadeira macrorrevolução paradigmática" (p. 30) vem trazer à dúvida novamente o conceito de A.P., seu papel e particularmente os objectivos que se atingem com estas actividades. É precisamente neste clima de conflito e alguma controvérsia, que as nossas A.P. se desenvolvem, as quais iremos tentar clarificar e justificar o mais possível, querendo adiantar já como hipótese do papel da A.P., neste novo período, o diagrama da Figura 3.

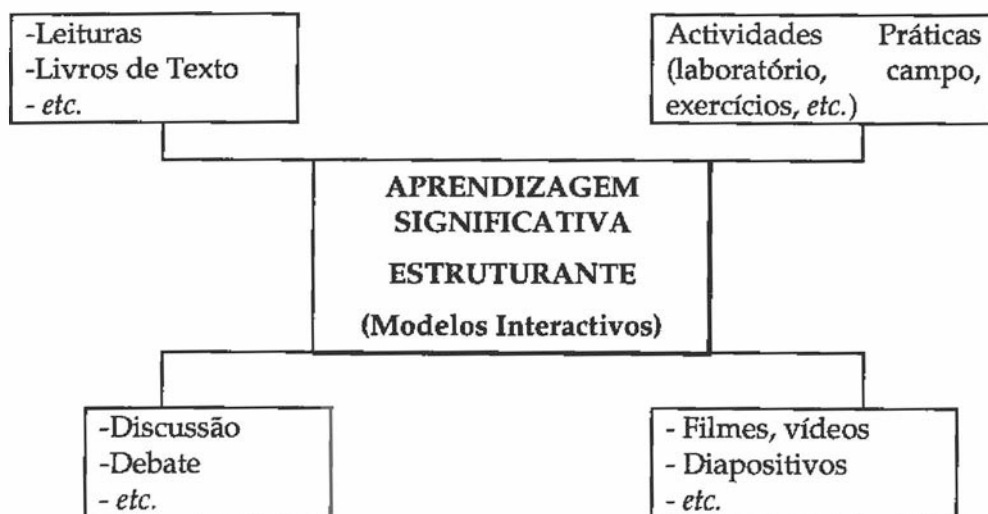


Figura 3. Papel das Actividades Práticas a partir de 1980.

BIBLIOGRAFIA

- ALBEROLA, J. (1988) - La Geología nuestra de cada día, *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 207-208.
- ALLEN, J. B., BARKER, L. N. E RAMSDEN, J. H. (1986) - Guided inquiry laboratory, *Journal of Chemical Education*, 63, 533-534.
- ALLSOP, T. (1991) - Practical Science in low-income countries, In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science*, Philadelphia, Open University Press.
- ÁLVAREZ, R., BERJILLOS, P. GARCÍA DE LA TORRE, E., MELERO, J., PEDRINACI, E. E SEQUEIROS, L. (1992) - Treinta razones para aprender mas Geología en la Educación Secundária. In *Actas del VII Simposio de Enseñanza de la Geología*, Santiago de Compostela, 231-240.
- ANDRADE, G. P. (1991) - *Ensino da Geologia. Temas Didácticos*. Lisboa, Universidade Aberta.
- ANDRADE, A. A. S. (1997) - Ciência, Tecnologia e Sociedade: o lugar da Geologia. Comunicação oral apresentada no XVII Curso de Actualização de Professores de Geociências dos Ensinos Básico e Secundário, promovido pela Associação Portuguesa de Geólogos em Bragança.
- BACHELARD, G. (s.d.) - *O novo espírito científico*, Lisboa, Edições 70. (Trabalho original em francês publicado em 1934)
- BIRZEA, C. (1984) - *A Pedagogia do Sucesso*, Lisboa, Livros Horizonte. (Trabalho original em francês publicado em 1982)
- BONITO, J. (1996a) - *As Actividades Práticas no ensino das Geociências. Contributos para o ensino da deformação das rochas no Ensino Secundário*, dissertação de Mestrado não publicada. Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- BONITO, J. (1996b) - Na procura da definição do conceito de "Actividades Práticas", *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. Extra, 8-12.
- BOUD, B. J., DUNN, J., KENNEDY, T. E THORLEY, R. (1980) - The aims of

science laboratory courses: a survey of students, graduates and practicing scientists, *European Journal of Science Education*, 2, 415-428.

BOYER, R. E. TIBERGHIE, A. (1989) - Las finalidades de la enseñanza de la Física y Química vistas por los profesores y alumnos franceses, *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 213-228.

CLACKSON, S. G. E. WRIGHT, D. K. (1992) - Na appraisal of practical work in Science Education, *School Science Review*, 74 (266), 39-42.

CONNELL, L. (1971) - Demonstrations and individual practical work in science, *Schools Science Review*, 52, 692-703.

DENNY, M. E. CHENNEL, F. (1986). Science Particals: What do pupils think? *European Journal of Science Education*, 8, 325-336.

DOMINGOS, A. M., NEVES, I. P. E. GALHARDO, L. (1981/1987) - *Uma forma de estruturar o ensino e a aprendizagem*, Lisboa, Livros Horizonte.

FERNÁNDEZ, M. (1977) - Programación, In M. Fernández, J. Gimeno e M. A. Zabalza (Coords.), *Didáctica II: Programación, Métodos y Evaluación*, Madrid, U.N.E.D..

GARDNER, A. E. GAULD, C. (1990) - Labwork and student's attitudes, In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum*, London, Routledge.

GARRET, R. M. E. ROBERTS, I. F. (1982) - Demonstration versus small group practical work in science education. A critical review of studies since 1900, *Studies in Science Education*, 9, 109-146.

GOTT, R. E. MASHITER, J. (1991) - Practical work in science - a task-based approach? In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science*, Philadelphia, Open University Press.

GUTIERREZ, R., MARCO, B., OLIVARES, E. E. SERRANO, T. (1990) - *Enseñanza de las ciencias en la educación intermedia*, Madrid, Ediciones Rialp.

HODSON, D. (1985) - Philosophy of Science, Science and Science Education, *Sciences in Science Education*, 12, 25-57.

- HODSON, D. (1988) - Experiments in Science and Science Teaching, *Educational Philosophy and Theory*, 20 (2), 53-66.
- HODSON, D. (1993) - Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in School Science, *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- HOFSTEIN, A. (1988) - Practical work and science education II, In Fensham (Ed.), *Development and Dilemmas in Science Education*, s.l., The Palmer Press.
- HOFSTEIN, A., E LUNETTA, V. N. (1982) - The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research, *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- HOFSTEIN, A., MANDLER, V., BEM-ZVI, R. E SAMUEL, D. (1980) - Teaching objectives in Chemistry: a comparison of teacher's and students priorities, *European Journal of Science Education*, 2, 61-66.
- JOHNSTONE, S. H. E WHAM, A. J. B. (1982) - The demands of practical work, *Education in Chemistry*, 19, 71-73.
- JONES, C. E. (1970) - Chemistry by discovery - an analysis and examination of the "discovery" approach, *School Science Review*, 52, 178-181.
- KEMPA, R. (1986) - *Assesment in Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- LAWSON, A. E. (1989) - *A theory of instruction*, NARST, Monograph nº 1.
- LEITE, A., FUTURO, A., SILVA, R., MARQUES, L., PRAIA, J. E TRINDADE, V. (1994) - Tectónica Global e Trabalho Prático: Contribuição para um sentido inovador do ensino. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2.2 e 2.3, 354-360.
- LYNCH, P. P. E NDYETABURA, V. L. (1983) - Practical work in schools: an examination of teacher's stated aims and the influence of practical work according to students, *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 663-671.
- MICHELS, W. C. (1962) - The role of experimental work, *American Journal of Physics*, 30, 172-178.
- MIGUÉNS, M. (1991) - Actividades Práticas na Educação em Ciência: Que

modalidades? *Aprender*, 14, 39-44.

MIGUÉNS, M. (1994) - Actividades Práticas na Educação em Ciência: Que Objectivos? *Aprender*, 16, 90-101.

MIGUÉNS, M. E GARRET, R. M. (1991) - Prácticas en la Enseñanza de las Ciencias. Problemas y Posibilidades, *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 229-236.

MILLAR, R. (1991) - A means to na end: the role of processes in Science Education, In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science*, Philadelphia, Open University Press.

OBIOMBA, G. O. (1986) - Expository and guided discovery methods of presenting secondary school physics, *European Journal of Science Education*, 8, 51-56.

PLANCHARD, E. (1982) - *A Pedagogia contemporânea*, 8ª ed., Coimbra, Coimbra Editora.

RAMSEY, G.A. E HOWE, R. W. (1969) - Na analysis of research on instructional procedure in secondary school science, part II, *Science Teacher*, 36, 72-81.

REGUANT, S. (1993) - Consideraciones sobre los objetivos de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1.3, 144-147.

RUIVO, M. L. R. S. (1994) - *Representações dos professores acerca do trabalho prático na disciplina de Ciências Naturais do 7º ano de escolaridade*, dissertação de Mestrado não publicada, Universidade do Minho, Braga.

SANTOS, E. M. E PRAIA, J. F. (1992) - Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica, In A. F. cachapuz (Coord.), *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, Aveiro, Projecto MUTARE-Universidade de Aveiro.

STENNHOUSE, L. (1984) - *Investigación y Desarrollo del Currículum*, Madrid, Ediciones Morata.

TAMIR, P. (1991) - Practical Work in School Science: Na Analysis of Current Practice, In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science*, Philadelphia, Open University Press.

- TAMIR, P. E GARCÍA, M. P. (1992) - Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de Ciencias utilizados en Cataluña, *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 3-12.
- VALENTE, O. (1989) - *Prática Pedagógica: Análise da Situação*, Lisboa, Gabinete de Estudos e Planeamento.
- VIDAL, J. G., E MANJÓN, D. G. (1993) - *Cómo enseñar en la educación secundaria*, Madrid: EOS.
- VYGOTSKI, L. S. (1979) - *El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores*, Barcelona, Editorial Crítica. (Trabalho original em inglês publicado em 1978).
- WOOLNOUGH, B. E. (1991) - Setting the scene, In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science*, Philadelphia, Open University Press.
- WOOLNOUGH, B. E. E ALLSOP, T. (1985) - *Practical Work in Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- YAGER, R. E. (1991) - The centrality of practical work in the science/technology/society movement, In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science*, Philadelphia, Open University Press.
- ZABALZA, M. A. (1992) - *Planificação e Desenvolvimento Curricular na Escola*, Rio Tinto, Edições Asa. (Trabalho original em castelhano publicado em 1987)