

CIÊNCIA 5-11: FUNDAMENTOS, METODOLOGIAS, ESTRATÉGIAS E AVALIAÇÃO¹

(Carlos Campos²)

“Para ser um indivíduo autónomo e um cidadão participativo numa sociedade desenvolvida tecnologicamente, é preciso ser técnica e cientificamente alfabetizado”

Gérard Fourez

I – A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA NO 1º CICLO DO ENSINO BÁSICO

A investigação em didáctica das ciências tem apontado para a importância de iniciar as crianças, desde o começo da sua escolarização, na exploração de fenómenos da natureza com relevância no seu quotidiano. Sob o “slogan” de *Ciência para todos* ou de *Alfabetização Científica*, diversos são os autores que têm vindo a defender a introdução, desde cedo, do ensino das ciências junto das crianças. Os argumentos desta posição são de natureza filosófica/epistemológica, psicológica, sociológica e pedagógica. Em relação a estes últimos, podem-se enumerar os seguintes argumentos gerais. (Afonso, 2008):

1. A ciência apresenta um grande valor formativo e os seus conteúdos têm um elevado grau de significância, pois a Natureza faz parte da nossa realidade imediata.
2. A preparação de cidadãos que simpatizem com a ciência e que acreditem que a ciência pode ser uma força positiva na condução do progresso.
3. O ensino das ciências permite um intenso trabalho interactivo, comunicativo e colaborativo essencial ao desenvolvimento do aluno como pessoa e como ser social.
4. A ciência é um modo particular de olhar o Mundo natural. Os estudantes deverão saber lidar com este modo de pensar e aprender a usá-lo como um importante instrumento a aplicar na sua vida diária.
5. A preparação para o mundo do trabalho. A ciência pode providenciar aos estudantes carreiras directa ou indirectamente relacionadas com a ciência e criar oportunidades de prosseguir os estudos que podem levar, em última instância, a uma carreira de investigação.

Concretizando para o 1º ciclo do Ensino Básico, podem-se enumerar as seguintes razões a favor da Educação em Ciência desde os primeiros anos de escolaridade (Martins *et al*, 2007; Sá, 1994):

- Responder e alimentar a curiosidade das crianças, fomentando um sentimento de admiração, entusiasmo e interesse pela ciência e pela actividade dos cientistas.
- Ser uma via para a construção de uma imagem positiva e reflectida acerca da Ciência.

¹ Publicado pela primeira vez em “OZARFAXINARS”, revista on-line do CFAE – Matosinhos, http://www.cfaematosinhos.eu/Ed_ozarfaxinars_n10.htm, Julho de 2009.

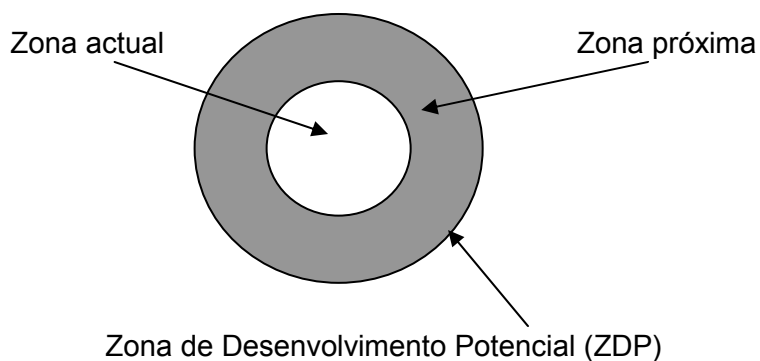
² Professor da Escola Secundária Augusto Gomes - Matosinhos
Mestre em Supervisão – Especialidade Física e Química: Universidade de Aveiro

- Promover capacidades de pensamento (criativo, crítico, metacognitivo,...) úteis noutras áreas/disciplinas do currículo e em diferentes contextos e situações, como, por exemplo, de tomada de decisões e de resolução de problemas pessoais, profissionais e sociais.
- Desenvolver a comunicação oral e escrita, sendo as actividades científicas um contexto privilegiado para o desenvolvimento da matemática.
- Promover a construção de conhecimento científico útil e com significado social, que permita às crianças e aos jovens melhorar a qualidade da interacção com a realidade natural.
- Ser um instrumento de efectiva renovação das práticas lectivas no 1º ciclo.
- Facilitar a introdução das novas tecnologias junto das crianças, nomeadamente a utilização dos computadores e da internet.
- Desenvolver capacidades de pensamento ligadas à resolução de problemas, aos processos científicos, à tomada de decisões e de posições baseadas em argumentos racionais sobre questões sócio - científicas.
- Promover a reflexão sobre atitudes, normas e valores culturais e sociais, que condicionam a tomada de posição dos cidadãos em relação a questões como a preservação ambiental, a energia, a tecnologia, a saúde, etc.

Embora sendo consensual, nos dias de hoje, a relevância educativa das ciências experimentais, estas encontram no terreno dificuldades de vária ordem, na sua concretização, e/ou desvios significativos em relação às finalidades e objectivos acima enunciados. É o caso da ideia, bastante veiculada, de que os conceitos da Ciência são difíceis de abordar com crianças de certa idade, devido ao seu desenvolvimento psíquico e sócio - afectivo. Muitos professores, influenciados por interpretações simplistas dos trabalhos de Piaget e de outros psicólogos, têm a ideia que determinados conceitos mais abstractos não podem ser abordados com crianças de determinada idade (estádio de desenvolvimento), devendo ser adiada a sua aprendizagem para anos posteriores. Como sabemos, aqueles estádios de desenvolvimento: pré-operatórios, das operações concretas e das operações abstractas, eram balizados entre determinadas idades da criança. Muita investigação didáctica, nos anos 70 e inícios de 80 do século passado, nomeadamente no ensino das ciências, pretendeu apresentar catálogos de conceitos que poderiam ser ensinados em cada um daqueles estádios, consoante o tipo de operações necessárias à sua compreensão por parte da criança. Esta interpretação redutora das teorias de Piaget teve, já na época, forte oposição por parte de certos psicólogos, nomeadamente Bruner e Vygotsky. Neste, pode encontrar-se uma visão de desenvolvimento baseada na concepção de um organismo activo, cujo pensamento é construído passo a passo num ambiente que é histórico e, fundamentalmente social (Vygotsky, 1962,1978). Nesta teoria, é dado destaque às possibilidades que o indivíduo dispõe, a partir do ambiente em que vive, e que dizem respeito ao acesso a instrumentos físicos (como a enxada, a faca, a mesa, o computador, etc.) e simbólicos (como a cultura, valores, crenças, costumes, tradições, conhecimentos) desenvolvidos em gerações

precedentes. Vygotski defende a ideia de uma interacção contínua entre as condições sociais e a base biológica do comportamento humano. Partindo de estruturas orgânicas elementares, determinadas basicamente pela maturação, formam-se novas e mais complexas funções mentais, potencializadas pela natureza das experiências sociais a que as crianças se acham expostas. Para Vygotski os factores biológicos são preponderantes sobre os sociais apenas no início da vida de uma criança. Gradativamente, as interacções sociais com os adultos, ou com os companheiros mais experientes, promovem o desenvolvimento do pensamento e o próprio comportamento da criança. Ao internalizar instruções, as crianças modificam as suas funções psicológicas: percepção, atenção, memória e capacidade para resolver problemas. É dessa maneira que formas historicamente determinadas e socialmente organizadas de operar com informação influenciam o conhecimento individual, a consciência de si e do mundo.

Para definir a relação entre a evolução da criança e a sua aprendizagem, não basta estabelecer o nível evolutivo em função das tarefas ou actividades que a criança é capaz de realizar por si só, mas também em função daquilo que é capaz de fazer com a ajuda dos outros. A humanização realiza-se em contextos interactivos nos quais as pessoas que rodeiam a criança não são objectos passivos do seu desenvolvimento, mas companheiros activos que guiam, planificam, regulam, começam, terminam, etc., as condutas das crianças. Os educadores são agentes do desenvolvimento, e têm que actuar fundamentalmente de acordo com a **Zona de Desenvolvimento Próxima (ZDP)** da criança. A ZDP é dada pela diferença entre o nível de resolução das tarefas realizadas sob orientação e com a ajuda dos adultos (nível de desenvolvimento potencial), e o nível das tarefas realizadas autonomamente pela criança (nível de desenvolvimento actual).



Este conceito, muda radicalmente o modo tradicional de colocar o problema das intervenções pedagógicas, já que refuta qualquer actividade pedagógica baseada no ontem, e afirma com ênfase que a única educação eficaz é a que adianta o desenvolvimento. É a interacção social que dá essência ao conceito de *Zona de Desenvolvimento Próxima*, como lugar em que o encontro intersíquico entre as pessoas (quer dizer em última instância a educação), se converte em desenvolvimento intersíquico da pessoa. Este conceito, no fundo traduz uma milenar relação histórica e cultural.

Também Bruner, parte da hipótese, de que qualquer ideia pode ser honestamente apresentada e com utilidade nas formas de pensar das crianças em idade escolar, e de que mais tarde estas

primeiras representações se poderão tornar mais fortes e precisas, em virtude dessa aprendizagem anterior (noção de *currículo em espiral*). É da sua autoria a célebre afirmação, de que, “qualquer noção, nomeadamente científica, pode ser ensinada a qualquer criança de qualquer idade” (Bruner, 1998,1999). Tal como Vygotski, este autor defende que o desenvolvimento intelectual da criança não é uma sequência regular e infalível de acontecimentos; ele reage também às influências do ambiente, sobretudo ao ambiente escolar. Claro que é inútil tentar apresentar explicações formais baseadas numa lógica distante do modo de pensar da criança, e que para ela nada significam. O “truque” está em encontrar as perguntas intermédias que possam ser respondidas e que conduzam a algum lado. É esta a grande tarefa dos professores e dos manuais.

As principais dificuldades, referidas pelos professores, na implementação do ensino experimental das ciências no 1º Ciclo são (Tilgner, 1990; citado por Sá, 2001):

1. O inadequado nível de conhecimentos científicos dos professores;
2. Equipamento científico e materiais insuficientes e inadequados nas escolas;
3. Tempo insuficiente para cumprir os programas;
4. Espaço inadequado nas escolas.

Em relação à primeira dificuldade, há a referir dois aspectos interligados. É um facto, que um grande número de professores do 1º ciclo sente insegurança na abordagem de certos tópicos científicos e referem, frequentemente, a sua inadequada preparação científica. Se atendermos à pouca importância dada à preparação científica dos futuros professores do 1º ciclo, em modelos de formação inicial de outros tempos, há uma boa dose de verdade nesta justificação. Este estado de coisas tem sido alterado nos últimos anos e, de acordo com a minha experiência, podemos encontrar nas escolas do 1º ciclo, professores entusiastas do ensino das ciências, preferencialmente entre os de licenciatura mais recente e, a adesão empenhada, de muitos outros, a programas de formação contínua na área das didácticas das ciências. No entanto, penso ser importante reforçar aquela preparação científica, quer na formação inicial quer nos programas de formação, no sentido de colmatar a insegurança acima referida, e dotar os professores das ferramentas conceptuais adequadas, sem as quais não podem ser criativos na implementação do ensino experimental. Porém, há que ter em conta um outro aspecto da questão, as concepções dos professores sobre o ensino das ciências. A minha experiência na formação de professores deste nível de ensino, aponta para numerosas incompreensões sobre o que é ‘ensinar ciências’ às crianças. Muitos professores, pensam que se trata de transmitir conceitos científicos relacionados com os tópicos programáticos, como por exemplo, a água, o ar, a electricidade, etc., esquecendo as competências procedimentais que podem ser exploradas a este nível, como a capacidade de investigar, de efectuar registos de forma adequada, de medir, de clarificar as suas ideias, de pô-las à prova, de as comunicar, assim como, o enorme potencial do ensino experimental no desenvolvimento de competências de outras áreas como a leitura, o cálculo e/ou a comunicação e expressão.

A segunda dificuldade apresentada pelos professores, entronca igualmente nas suas concepções inadequadas sobre o ensino das ciências. Os projectos de dinamização do ensino experimental

das ciências no 1º ciclo, quer os apresentados pelas instituições do Ensino Superior, quer os implementados pelo ministério (“Ensino Experimental das Ciências no 1º ciclo”, da DGIDC), têm demonstrado que o ensino experimental neste nível de ensino não requer, na grande maioria dos casos, material e equipamento específico; pelo contrário, aqueles programas apontam para a vantagem do uso de material comum e/ou improvisado, conhecido das crianças, na realização das experiências.

Se tivermos em consideração as potencialidades da educação em ciência, já indicadas acima, no que diz respeito à sua interligação com o desenvolvimento das outras competências do currículo, expressão escrita e oral, aprendizagem da matemática, utilização das novas tecnologias, capacidades de pensamento na análise de fenómenos do dia-a-dia e na resolução de problemas, o tempo insuficiente para cumprir os programas surge como uma dificuldade facilmente ultrapassável.

É nesta perspectiva, que se tem apontado como principais dificuldades na implementação do ensino experimental das ciências no 1º ciclo: *“a insuficiente compreensão por parte da sociedade em geral (governantes, instituições de formação e de investigação educacional, etc.), quanto ao valor educativo das Ciências da Natureza para as crianças e a inadequada formação dos professores neste domínio”* (Sá, 2001).

II – METODOLOGIAS E ESTRATÉGIAS

A teoria subjacente à elaboração de planificações adequadas ao ensino das ciências no 1º ciclo, recolhe contributos do paradigma social – construtivista da aprendizagem (Vygotsky, 1962, 1978), da perspectiva da evolução conceptual a partir das ideias dos alunos (Driver *et al*, 1985; Silva, 1997, 1999; Howe, *et al*, 2005), da abordagem do ensino das ciências centrado nos processos científicos, da aplicação de estratégias de ensinar a pensar e de resolução de problemas (Goldsworthy & Feasey, 1994; Sá & Varela, 2004; Cachapuz *et al*, 2005).

Nesta perspectiva, os procedimentos a adoptar por parte do professor que ensina, devem incluir:

- Procurar identificar e utilizar as ideias dos alunos acerca dos temas constantes no Currículo e nos programas.
- Aceitar e incentivar a expressão de ideias e de dúvidas por parte dos alunos;
- Incentivar a colaboração entre os alunos.
- Encorajar a partilha de ideias e a discussão, bem como a realização de trabalho em grupo.
- Encorajar a utilização de fontes diversificadas de informação.
- Orientar os alunos na pesquisa de informação de forma eficaz.
- Incentivar os alunos a testar as suas ideias.
- Orientar os alunos na realização de processos elementares de investigação / pesquisa.
- Encorajar a auto-análise, a reflexão e a procura dos outros para a resolução dos seus próprios problemas.

- Encarar as ideias que se têm como hipóteses de trabalho que é preciso testar, procurando hipóteses alternativas.

Existem dificuldades no terreno, para a adopção destes procedimentos, e elas não se limitam à deficiente formação dos professores do 1º ciclo. Os manuais escolares adoptados são, talvez, um dos recursos didácticos que mais contribuem para a implementação de metodologias desadequadas no ensino das ciências, por parte dos professores do 1º ciclo. Muitos manuais, apresentam uma perspectiva verificacionista ou meramente ilustrativa das actividades experimentais a realizar nas aulas, condicionando negativamente os professores que, tradicionalmente, ministram um ensino livresco. Aliás, este não é um problema exclusivo deste nível de ensino (Campos, 1996; Campos & Cachapuz, 1997).

Um exemplo de *boas práticas*, que têm sido adoptadas por diversos Agrupamentos de Escolas, é a implementação do intercâmbio entre professores, do 2º e 3º ciclos, e Secundário, no sentido de estes apoiarem no terreno os colegas do 1º ciclo, quer com material laboratorial quer com a sua experiência. Estes projectos não garantem, à partida, a adopção de metodologias adequadas no ensino experimental das ciências no 1º ciclo, mas podem contribuir para ultrapassar as dificuldades e inseguranças dos professores, acima referidas.

Como elaborar um plano consonante com as bases teóricas enunciadas?

Vejamos, de seguida, uma *Sequência de Ensino Construtivista*, baseada nas propostas de Howe, *et al*, 2005:

PASSOS	CARACTERIZAÇÃO
SELECÇÃO	<i>Seleção</i> de um domínio interessante para a definição de um problema para estudo, escolhido pelos alunos ou sugerido pelo professor a partir de situações geradas na sala de aula ou no exterior. A motivação tem um papel fundamental na forma como se apresenta às crianças um problema. Em qualquer dos casos, importa identificar as ideias prévias dos alunos sobre o domínio conceptual em questão
QUESTÃO-PROBLEMA	O que é que queremos saber? Nesta etapa importa precisar melhor a questão que se pretende investigar, dentro do domínio do problema. Poderá ser útil, neste caso, pesquisar em livros e revistas situações - problema já investigadas, para chegar à formulação de uma questão testável. Da pesquisa na literatura poderão emergir pistas para a elaboração de possíveis hipóteses explicativas. <i>Continua a ser fundamental dar oportunidade ao aluno para expressar as suas ideias sobre a questão colocada</i> Várias estratégias podem ser seguidas para o efeito: • <i>Observação dos alunos.</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Questionamento.</i> • <i>Desenhos anotados.</i> • <i>Livros de chão.</i> • <i>Mapas de conceitos.</i> • <i>Desenhos do tipo 'cartoon'.</i> <p>Como é que vamos fazer para encontrar uma resposta? Esta questão é, porventura, o aspecto central de toda a estratégia. Com efeito, ela tem de estar correctamente articulada com a questão de partida e respectivas hipóteses, conceptual e metodologicamente, de modo a permitir colocar a seguinte questão: o que é que sabemos ou pensamos sobre o assunto e, portanto, quais são as previsões que podemos adiantar?</p>
PLANIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS	<p>Aqui, assume enorme importância a <u>Carta de Planificação</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • O que vamos mudar (variável independente em estudo)? • O que vamos medir (variável dependente escolhida)? • O que vamos manter inalterado (controlo de variáveis)? • O que pensamos que vai acontecer e porquê (previsões)? • Como vamos registar os resultados (tabelas, gráficos, desenhos,...)? • Qual o equipamento de que precisamos?
EXECUÇÃO DA EXPERIÊNCIA	<p>O que é que vamos fazer, que cuidados devemos ter? Nesta etapa pretende-se que o aluno realize a experiência planificada e recolha os dados.</p>
OBTENÇÃO E REGISTO DE RESULTADOS	<p>Como organizar os dados obtidos na experiência e o que é que eles querem dizer? A intenção é colocar o aluno a registar os dados recolhidos, segundo o formato previamente organizado para esse fim, e a interpretá-los no seu conjunto. Deverá, então, compará-los com as previsões feitas e, à luz disso, avaliar a sua pertinência para uma resposta à questão de partida.</p>
CONCLUSÕES	<p>Qual é a resposta à questão - problema e quais são os limites da sua validade? Através desta etapa pretende-se que o aluno, já na posse dos resultados, consiga estabelecer uma resposta à questão - problema, a qual será, portanto, a conclusão da experiência realizada. Além disso, tendo em conta os procedimentos seguidos, o aluno deverá reconhecer os limites de validade das conclusões alcançadas, como, por exemplo, o valor mínimo e máximo atribuídos à variável independente em estudo.</p>

ELABORAÇÃO DE NOVAS QUESTÕES	A partir das conclusões obtidas, que novas questões sou capaz de colocar?
COMUNICAÇÃO	Esta fase corresponde à apresentação, oral e/ou por escrito, na forma de relato ou de relatório, dos resultados obtidos e dos procedimentos seguidos, bem como das conclusões alcançadas

Das estratégias, acima enumeradas, talvez as menos conhecidas pelos professores sejam os *livros de chão* e os *concept cartoons*.

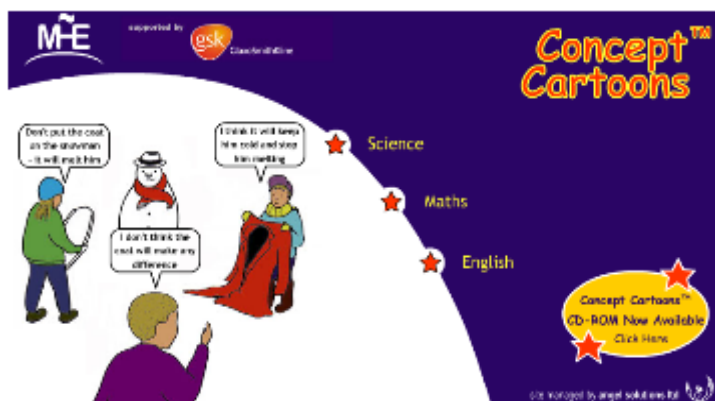
Os livros de chão são conjuntos de grandes folhas, de cartolina por exemplo, onde a criança escreve enquanto está sentada no chão com o seu grupo. A ideia mais importante nesta estratégia, é que a criança registre as ideias dos seus colegas para posteriormente as debater.

(*floorbooks* - http://www.azteachscience.co.uk/ext/cpd/floorbooks/self_study_index.html)



Nos *concept cartoons*, criados por Naylor e Keogh (2000), no âmbito do projecto ConCISE, é posto um problema central sob a forma de banda desenhada, onde aparecem as respostas de diferentes crianças com o objectivo de dinamizar a discussão na turma.

(Concept Cartoons – <http://conceptcartoons.com>)



III – AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DO TRABALHO DOS ALUNOS

Num modelo de aprendizagem construtivista, os professores têm que se aperceber, a cada momento, do desenvolvimento das ideias dos alunos e das suas competências. Isto deve ser feito de uma forma contínua, e não apenas no final de uma dada actividade experimental. Segundo Harlen (1994), as técnicas que são frequentemente requeridas são:

- Observação a cada momento do que os alunos fazem, e não apenas daquilo que eles produzem.
- Questionar os alunos no sentido de identificar as suas ideias e os processos que utilizam.
- Recolha de produtos, como relatórios escritos, desenhos, registos em painéis, etc.

1. Observação

O professor deve ter em mente toda uma série de questões enquanto acompanha o trabalho dos grupos, tais como:

- i) O que é que os alunos pensam sobre o que estão a investigar? Perceberam o problema proposto?
- ii) Como está a correr o plano acordado com o professor previamente? Estão a observar e a medir o que realmente interessa? Estão a medir correctamente? Está a ser feito o controle de variáveis?
- iii) Como estão a fazer o registo de resultados?
- iv) Que explicações estão a propor para os resultados a que estão a chegar?

2. Perguntas a fazer pelo professor

É importante que as perguntas do professor encorajem e possibilitem os alunos de expressar as suas ideias. Algumas perguntas são muito melhores que outras para este propósito. Há dois aspectos das perguntas a ter em conta: *a forma como se pergunta e o que é perguntado*. As melhores perguntas são as abertas e centradas no aluno:

- *Perguntas abertas* implicam respostas mais desenvolvidas, e não respostas do tipo “sim” ou “não”, o que possibilita detectar melhor as ideias dos alunos. Por exemplo, em vez de “Andará mais ou menos o carro se for largado dum sítio mais alto desta rampa?” será melhor perguntar “Qual a diferença que pensam que fará, se o carro for largado de um sítio mais alto?”
- *Perguntas centradas no aluno* são dirigidas às suas ideias e não à obtenção da resposta “correcta”. São mais importantes as ideias genuínas dos alunos do que as respostas “certas”. Em vez de, por exemplo, “Por que é que estas sementes cresceram melhor nesta ‘terra’ do que na outra”, será melhor perguntar “O que é que pensas sobre o facto destas sementes crescerem melhor nesta ‘terra’ do que naquela?”
- *O conteúdo das perguntas* deve reflectir uma preocupação com as ideias dos alunos e não com os conhecimentos factuais que possuem. As melhores perguntas são as que pedem aos alunos explicações e previsões. Ambas podem estar relacionadas com as actividades em que os alunos estão envolvidos ou relacionarem-se com a aplicação das suas ideias a novas situações.

3. Recolha de produtos

Quase todos os artefactos escritos ou desenhados pelos alunos podem ser usados como fontes de informação acerca das suas ideias e competências. Há toda a vantagem em pedir aos alunos desenhos sobre o que eles pensam que está a acontecer, em relação a um determinado fenómeno, do que lhes pedir apenas desenhos de objectos. Pedir às crianças, por exemplo, que façam um desenho do açúcar antes e depois de estar dissolvido num copo de água, e analisá-lo em conjunto com elas, é uma forma muito eficaz de diagnosticar as suas ideias prévias sobre a dissolução.

Algumas vezes, justifica-se o uso por parte do professor de questões escritas mais estruturadas, no sentido de avaliar a compreensão e a aplicação do que as crianças aprenderam a outras situações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, M.M., “A Educação científica no 1º ciclo do Ensino Básico – Das teorias às práticas”, Porto Editora, 2008.
- Bruner, J., “O Processo da Educação”, Nova Biblioteca 70, Lisboa, 1998.
- Bruner, J., “Para uma Teoria da Educação”, Relógio D’ Água Editores, 1999.
- Cachapuz, A., Gil-Perez, D., Carvalho, A.M.P., Praia, J., Vilches, A., (org.), “A Necessária Renovação do Ensino das Ciências”, Cortez Editora, S. Paulo, 2005.
- Campos, C., “Imagens da Ciência veiculadas por Manuais de Química do Ensino Secundário – Implicações na Formação de Professores de Física e Química”, Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, 1996.
- Campos, C., Cachapuz, A., (1997) “Imagens de Ciência em Manuais de Química Portugueses”, *Química Nova*, 6, 23-29, SBQ, Brasil.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A., “Children’s Ideas in Science”, Open University Press, 1985.
- Goldsworthy, A., Feasey, R., “Making Sense of Primary Science Investigations”, The Association for Science Education, 1994.
- Harlen, W., “How does research help the teaching and learning of science in the primary school?”, IV Encontro Nacional de Docentes de Ciências da Natureza, Universidade de Aveiro, 1994.
- Howe, A., Davies, D., McMahon, K., Towler, L., Scott, T., “Science 5 – 11; A guide for teachers”, David Fulton Pub., 2005
- Martins, I.P., Veiga, M.L., Teixeira, F., Tenreiro-Vieira, C., Vieira, R.M., Rodrigues, A.V., Couceiro, F., “Educação em Ciências e Ensino Experimental – Formação de Professores”, Coleção Ensino Experimental das Ciências, DGIDC, Ministério da Educação, 2007.
- Naylor, S., Keogh, B., “Concept Cartoons in Science Education”, Millgate House Publishers, Cheshire, 2000.
- Sá, J.G., “Renovar as Práticas no 1º Ciclo pela via das Ciências da Natureza”, Porto Editora, 1994.
- Sá, J.G. (2001), “Ciências Experimentais na Educação pré - Escolar e 1º ciclo do Ensino Básico: Perspectivas de formação de educadores e professores”, Conferência proferida no colóquio “Formar para a Educação em Ciências na Educação pré – Escolar e no 1CEB”, promovido pelo INAFOP, Coimbra: Escola Superior de Coimbra.
- Silva, A. A., “Uma modelização didáctica social – construtivista e ecológica”, Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, 1997.
- Silva, A. A., “Didáctica da Física”, Edições ASA, 1999.

- Tilgner, P. J. (1990). *Avoiding Science in the Elementary School*, *Science Education*, 74,421-431.
- Vygotski, L.S., "*Thought and Language*", M.I.T., USA, 1962.
- Vygotski, L.S., "*Mind in Society*", Harvard University Press, London, 1978.