

## **A História da Ciência, a psicogênese e a resolução de problemas na construção do conhecimento em sala de aula**

**Anna Maria Pessoa de CARVALHO\***, **Elsa GARRIDO\*\***,  
**Carlos Eduardo LABURU\*\*\***, **Manoel Oriosvaldo de MOURA\*\*\*\***,  
**Marli Silva SANTOS\*\*\***, **Dirceu SILVA\*\*\***,  
**Maria L. V. S. ABIB\*\*\***, **Ruth S. de CASTRO\*\*\***,  
**Ruth R. ITACARAMBI\*\*** e **Maria Eliza R. GONÇALVES\*\*\***

### **Introdução**

O Grupo de Pesquisa em Didática de Ciências e Matemática da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo é um grupo interdisciplinar, constituído por professores de primeiro, segundo e terceiro graus, que trabalham com o ensino de física, química, matemática, biologia e formação de professores.

Inicialmente o Grupo teve como proposta estudar como as crianças e adolescentes constroem os conceitos de ciências (psicogênese dos conceitos) tendo por hipótese que esse conhecimento seria uma variável importante na construção do ensino desenvolvido na escola de primeiro e segundo graus (Coll, 1985, 1990). Vários trabalhos foram feitos nesta linha de investigação. Procuramos conhecer a evolução dos conceitos de aceleração, quantidade de movimento, velocidade angular, transformação da matéria, centro de massa, campo de força, semelhança de figuras geométricas e o conceito de decomposição da matéria.

A Epistemologia Genética é utilizada por nosso Grupo na busca das explicações e das hipóteses de ensino. Entendemos que a relevância da Teoria de Piaget para a Didática das Ciências, não impede, mas permite e até exige a abertura para outras teorias que possam esclarecer problemas comuns. Castro (1992) mostra que

---

(\*) Professora Titular do Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada da Faculdade de Educação da USP.

(\*\*) Professora Doutora do Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada da Faculdade de Educação da USP.

(\*\*\*) Alunos do Programa de Pós-Graduação da FEUSP.

(\*\*\*\*) Professor Doutor do Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada da Faculdade de Educação da USP.

essa Teoria não constitui barreira ou muralha, mas, ao contrário, indica ao pesquisador muitos caminhos interdisciplinares.

Nosso Grupo, como qualquer outro inserido no contexto do ensino de ciências, recebeu também influência das pesquisas em conceito espontâneo e das propostas de ensino construtivistas de Posner et al., 1982, Strike et Posner, 1990, Driver (1986, 1989), Gil (1983, 1986, 1990, 1991), Rowel (1985, 1989) e principalmente daquelas que mostravam a possibilidade de uso da história das ciências no ensino (Gagliardi e Giordan, 1986; Heilbron, 1987; Resmorduc, 1987; Matthews, 1991).

Assim como todos os outros grupos preocupados com o ensino e com a formação de professores, procuramos investigar a sala de aula e propusemos organizar nossos trabalhos de modo a ter pistas para responder a algumas questões nos quatro pontos que representavam as nossas preocupações (Carvalho et al. 1991). Ao final de 1990 conseguimos estruturar uma série de perguntas sobre o papel que a história das ciências, a psicogênese, a resolução de problemas e a interação social têm na construção do conhecimento em situação de ensino. São as seguintes as questões que nós nos fizemos:

### **1- Sobre o papel da história da ciência no ensino**

O uso da história da ciência pode auxiliar efetivamente o ensino para:

- proporcionar um refinamento dos conceitos em um determinado conteúdo?
- possibilitar a reelaboração (ou elaboração) de um modelo explicativo mais próximo daquele que se aceita cientificamente?
- Pode-se identificar, avaliar ou medir este auxílio para atribuir a este uso explícito da história da ciência um papel bem definido no ensino?
- Pode-se identificar ou escolher um melhor momento para utilizá-la?
- Que estratégias permitem explicitar a história das ciências durante um ensino e que sejam ao mesmo tempo compatíveis com a natureza e objetivos deste curso?
- O enfoque histórico resulta, pelo menos, interessante para os alunos?

### **2- Sobre a construção, pelo aluno, dos conceitos em situação de ensino**

- As atividades que planejamos, com o auxílio das investigações psicogenéticas e da história das ciências, produzirão conflitos cognitivos nos alunos?
- Estes conflitos desencadearão os desequilíbrios/reequilíbrios necessários para a construção, pelos alunos, do conhecimento pretendido?
- Quais são as trajetórias cognitivas do aluno durante um curso?

### **3- Sobre a Resolução de Problemas**

- Como relacionar a questão da resolução de problemas com todo o processo de construção do conhecimento científico?

- Qual é o papel que a resolução de problemas tem no processo de aprendizagem?

### **4- Sobre a Interação Social Em Sala de Aula**

- Qual o papel do professor no desenvolvimento de condições ótimas para a interação construtivista entre o aluno e o objeto de conhecimento?

- Qual o papel da interação social, desenvolvida através das atividades de ensino, no processo de construção de conhecimento?

O que pretendemos hoje não é responder integralmente a estas questões, pois acreditamos que elas nos ocuparão por vários anos, mas organizar e expor para debate, os resultados que encontramos no desenvolvimento de nossos trabalhos, e principalmente trocar idéias sobre os métodos e procedimentos que temos utilizado e sobre as hipóteses sugeridas por nossas análises.

Neste registro não resumiremos cada uma das pesquisas já realizadas ou em andamento. Elas serão tomadas e por vezes repetidas ao longo do texto na medida em que esclareçam as questões acima levantadas.

## **1. O papel da História da Ciência no Ensino**

Três foram os trabalhos de investigação em que fizemos uso da história da ciências em nossa salas de aulas: no ensino de velocidade angular, no de calor e temperatura e no de signo numérico.

O ensino de velocidade angular foi realizado num curso regular de cinemática na escola de segundo grau (Silva, 1990). A história da ciência – no caso específico, a introdução, sistematização e matematização deste conceito feito por Euler – foi introduzida com o objetivo específico de reestruturar os alunos, após duas aulas em que estes discutiram algumas situações problemáticas em que o conceito de velocidade linear era insuficiente para explicá-las. Pretendíamos, com o auxílio da história das ciências, fazer com que os alunos percebessem que os raciocínios que apreciavam na discussão das situações problemáticas introduzidas pelo professor, já tinham aparecido na comunidade científica e que para a superação deste conflito foi necessário a criação de um novo conceito: o de velocidade angular.

Na investigação do processo de construção do número e do signo numérico na criança pré-escolar em situação de ensino (Moura, 1992), a história da matemática e em particular, a história da escrita numérica teve o papel de eleger uma seqüência de atividades cujo fio condutor foram os níveis de dificuldade enfrentados pelas sociedades ao terem que representar quantidades.

A história do conceito matemático mostra o movimento deste, rumo a sua sistematização e abstração (Ifrah, 1989; Ribnikov, 1987), o que pode tanto ilustrar um possível caminho a ser adotado pedagogicamente quanto revelar o grau de complexidade do conceito. A história do conceito de número e numeral permitiu uma visão geral de sua evolução possibilitando considerar tal fato na organização do trabalho pedagógico atentando para os aspectos lógico e cultural do número e da sua representação.

Introduzimos nas atividades, situações-problema que poderiam representar aquelas vividas no desenvolvimento histórico da humanidade. A estas situações chamamos de história virtual do conceito e foram apresentadas através de lendas ou de jogos em que se requeria a solução coletiva dos problemas.

As evidências da construção do signo numérico foram buscadas nas interações ocorridas em situações de ensino quando as crianças foram submetidas a estas situações desestruturantes.

A metodologia de coleta de dados empregada tanto neste trabalho, como nos demais, quando procuramos conhecer a trajetória cognitiva dos alunos, foi a de gravarmos em vídeo todas as aulas e selecionarmos, para análise, passagens que denominamos episódios de ensino.

Chamamos de *episódios de ensino* àquele momento em que fica evidente a situação que queremos investigar, esta pode ser a aprendizagem de um conceito, a situação dos alunos levantando as hipóteses num problema aberto, as falas dos alunos após uma pergunta desestruturadora, etc. Ele é parte do ensino e se caracteriza pelo conjunto de ações que desencadeia os processos de busca da resposta do problema em questão. A característica principal (ou fundamental) é que seja um ciclo completo no processo de interação entre sujeitos, mediado pelo objeto do conhecimento.

Num terceiro trabalho, a história dos conceitos de calor e temperatura deu origem a várias atividades num curso sobre termodinâmica, ministrados a alunos de segundo grau durante um semestre.

Analizamos cuidadosamente todas as aulas do curso, registradas em vídeo, e selecionamos episódios de ensino onde pudemos inferir algum tipo de contribuição da abordagem histórica empreendida.

Os episódios foram descritos segundo três eixos diretores (Castro e Carvalho, 1992):

**Tipo A** - A história como fio condutor das construções empreendidas pelos alunos. Neste eixo, selecionamos todos os episódios onde se fez presente qualquer alusão, explícita ou não, à história, apresentados na forma de questão ou dúvidas ou retratando explicações de fatos e fenômenos.

**Tipo B** - Reflexões sobre a natureza do conhecimento científico advindas de discussões também propiciadas pelo enfoque histórico. Neste eixo de abordagem as contribuições incidem não tanto na construção dos conceitos da ciência, mas no início de uma reflexão sobre a ciência.

**Tipo C** - Episódios onde observamos que questões e dificuldades levantadas pelos alunos no processo de elaboração do conhecimento se assemelham a dificuldades experimentadas pelos cientistas ao longo da história. Essas aproximações entre as dúvidas e reflexões do aluno e do cientista constituem outras pontes para a elaboração de futuras atividades.

## **2. Construção, pelos alunos, dos conceitos em situação de Ensino**

Nossa intenção ao apresentar nossos resultados tem sido a de procurar descrever como as atividades de ensino foram planejadas para provocar situações de desequilíbrios nos alunos e como esses mesmos alunos reagiram a essas situações desequilibradoras.

Em três de nossos trabalhos usamos os resultados de pesquisas psicogenéticas para orientar a construção das atividades em sala de aula.

No ensino da velocidade angular as questões introduzidas pelo professor basearam-se integralmente nos resultados de um trabalho feito com o intuito de estudar como as crianças e adolescentes construíam esse conceito (Silva, 1990).

Verificamos que os sujeitos constroem espontaneamente a idéia de velocidade angular, mas sempre associada à idéia de velocidade linear, através da solução ou equilibrção de uma contradição quando lhe é pedido para descrever a velocidade de pontos sobre um corpo em rotação. A observação simultânea do movimento dos pontos e do corpo girando ao redor de seu eixo, provoca uma contradição que só se equilibra no momento em que a idéia de velocidade deixa de ser única.

Esses resultados foram as diretrizes do trabalho em sala de aula, uma vez que propusemos atividades que envolviam a discussão da velocidade de dois carros que se deslocavam juntos em pistas concêntricas, de dois pontos situados num pêndulo.

lo (duas dimensões), de dois pontos situados numa pirâmide (três dimensões) e de duas polias com diâmetros diferentes e dois pontos marcados na cinta que as unia.

Na discussão em classe apareceram todos os raciocínios já encontrados na pesquisa psicogenética, e foram excelentes para desestruturarem os alunos. Isto significa que as atividades proporcionaram a oportunidade para que eles pudessem discutir e defender suas idéias e para que eles tomassem não só consciência de seus raciocínios, mas, também, consciência da contradição existente entre as respostas diferentes. A tomada de consciência desta contradição auxiliou sobremaneira a introdução da atividade de reestruturação introduzida com o auxílio da história da ciência, onde se buscou recuperar a necessidade da definição da velocidade angular.

Em outros dois trabalhos usamos também o conhecimento psicogenético para o planejamento do ensino – no ensino de flutuação (Abib 1988) e quando criamos atividades de conhecimento físico para as primeiras séries do primeiro grau (Gonçalves, 1991).

Em ambas as pesquisas, conhecer como os sujeitos constroem a relação causal que lhes permite explicar os fenômenos físicos foi fundamental para o preparo de atividades pois, sabendo de antemão como as crianças e os adolescentes pensam a respeito desses fenômenos, pudemos planejar atividades nas quais elas tiveram a possibilidade de se expressar dando-nos condição de propor perguntas pertinentes à sua realidade (Carvalho e Gonçalves, 1991).

O planejamento destas atividades tomando como referência a pesquisa psicogenética, que indica o mecanismo de assimilação pelo qual a criança chega a tais construções (Garcia, 1982), nos mostrou ser um caminho seguro para criar situações adequadas para favorecer o desenvolvimento conceitual de nossos alunos.

A maioria das atividades em sala de aula destes três trabalhos foram gravadas em vídeo e o foco de análise foi o procedimento dos alunos .

Estudando com mais profundidade nossos vídeos procuramos determinar as trajetórias cognitivas dos alunos descrevendo o raciocínio dos mesmos logo após uma perturbação em situação real de sala de aula.

O referencial teórico para análise destas falas é dado pela teoria da equilíbrio (Piaget, 1977), quando esta define o processo de perturbação – compensação.

Escolhemos nos vídeos aqueles episódios de ensino mais significativos onde estivessem registradas com clareza as falas dos alunos, quer nas atividades de grupo, quer na discussão professor-classe, e que explicitassem a ocorrência de perturbações (Laburu, 1993). Seguimos então, através dos vídeos, os seus raciocínios procurando classificar as compensações (alfa, beta ou gama) geradas em função daquela perturbação.

Para melhor compreender as interações em sala de aula, descrevendo com maior riqueza a elaboração do conhecimento realizados pelos alunos, fazemos uso também dos conceitos de inteligibilidade e plausibilidade utilizados por Posner et al.(1982).

A descrição das interações ocorridas em classe, sob este ponto de vista, tem nos auxiliado a compreender como os alunos vão construindo o seu conhecimento científico durante um ensino.

### **3. A resolução de problemas no processo de construção do conhecimento científico**

Ao analisarmos a aprendizagem dos alunos durante o ensino de velocidade angular, sentimos a necessidade de nos debruçarmos com mais atenção sobre as atividades de resolução de problemas. Os trabalhos de Gil e seus colaboradores (1983, 1984, 1990) foram-nos de extrema valia e nos deram o referencial teórico necessário para que pudéssemos organizar nosso ensino como uma verdadeira mudança didática.

Dois são os trabalhos que desenvolvemos nesta linha.

No primeiro, verificamos como os alunos da primeira série do segundo grau constróem o conhecimento em geometria, quando adotamos um estratégia baseada nos princípios de ensino definidos por Gil para a resolução de problemas. Os nossos dados foram constituídos por episódios de ensino detectados nos vídeos feitos durante as aulas e a análise destes episódios buscou compreender o desenvolvimento do raciocínio dos alunos e a construção dos conceitos geométricos durante a resolução de problemas abertos.

No segundo, trabalhamos simultaneamente na resolução de problemas dentro do ensino de física para o segundo grau e na preparação de professores para essas aulas. Temos consciência da necessidade e principalmente da grande dificuldade dos professores conseguirem fazer uma mudança didática (Carvalho, 1989). Uma coisa é ele nos cursos de formação, como aluno, discutir as inovações e as pesquisas realizadas no ensino de física, e outra muito diferente é ele, como professor, em sala de aula, desempenhar um papel coerente com essas idéias.

Todas as concepções sobre ensino, adquiridas de forma espontânea (Gil e Carvalho, 1993) afloram e precisam ser trabalhadas de maneira semelhante a uma mudança conceitual em física. Nesta pesquisa gravamos não só o ensino nas escolas de segundo grau, mas também os professores assistindo às suas próprias aulas e analisando-as em grupo. Quisemos que eles, professores, tomassem consciência da construção do conhecimento dos alunos quando da resolução de problemas abertos

e de como o seu desempenho didático influenciou nessa construção. A análise de suas próprias aulas foi uma atividade desequilibradora para esses professores pois a tomada de consciência de seu agir em sala de aula facilitou a mudança didática (Santos, 1993).

#### **4. O papel do professor num ensino construtivista**

Uma das maiores dificuldades encontradas pelos professores que foram agentes de nossas investigações foi propor atividades que efetivamente produzissem um desequilíbrio em sala de aula.

Esta dificuldade situa-se pelo menos em dois níveis: primeiro, encontrar atividades que possam de fato constituir-se em conflitos; e, segundo, ajustar esse conflito em um grau ótimo para a classe, pois, em uma sala de aula a magnitude dos conflitos não é a mesma para diferentes alunos. Isto exige graduações diferentes a serem coordenadas pelo professor, através de uma observação contínua que lhe permita incluir perguntas intermediárias, esclarecimento de dúvidas e sugestões adequadas a cada caso.

Entre os procedimentos de ensino que utilizamos em nossas investigações, as atividades de discussão – tanto as realizadas em pequenos grupos de alunos, como as realizadas pelo professor com a classe –, mostraram-se extremamente úteis para a superação das dificuldades mencionadas. Temos inúmeros episódios de ensino gravados em vídeo nas diversas pesquisas que mostram com detalhe a influência da interação aluno-aluno e professor-idade.

Quanto mais nós assistíamos a todos esses vídeos, mais tínhamos consciência da importância do papel do professor na condução de um ensino que tenha como objetivo fazer com que os alunos construam um conhecimento científico.

O nosso primeiro trabalho foi conseguir desdobrar a questão original – “Qual o papel do professor no desenvolvimento de condições ótimas para a interação construtivista entre o aluno e o objeto de conhecimento?” – em uma série de outras questões mais precisas. Assim pretendemos, em pesquisas futuras, tentar responder as seguintes perguntas:

- Como tem o professor conduzido a interação verbal em sala de aula?
- Tem ele evidenciado o conflito entre os pontos de vista defendidos pelos estudantes?
- Tem ele colocado situações que possibilitem o confronto entre as predições/hipóteses dos alunos e os dados?

- Como tem atuado no sentido de favorecer os processos de reequilíbrio/acomodação conceitual?

- Quais destas estratégias facilitadoras frequentemente registradas na literatura são mais observadas em nossas experiências pedagógicas?

- Quais aquelas que têm se mostrado menos frequentes?

Iniciando o estudo do papel que nossos professores desempenharam, agora do ponto de vista de um observador externo, estamos analisando a interação verbal professor - aluno em duas das escolas em que foi desenvolvido o ensino de Calor e Temperatura. Para essa análise criamos sistemas de categorias para as falas dos professores e alunos (Garrido e Carvalho, 1993).

### **Nosso método de coletas de dados e nossas hipóteses**

Gostaríamos de retomar o objetivo primeiro de nosso trabalho que é trocar idéias sobre os métodos e procedimentos que temos utilizado e sobre as hipóteses sugeridas por nossas análises.

A metodologia de coleta de dados que temos utilizado em nossas pesquisas esta principalmente centrada na análise dos vídeos gravados em sala de aula.

Num vídeo de uma aula podemos ver e rever, quantas vezes forem necessárias, episódios que não seriam registrados pelo melhor observador. Este fato traz às pesquisas em ensino uma coleção de dados novos que, muitas vezes, não estamos preparados teoricamente para analisar. Este é, em nosso ponto de vista, um desafio que vem estimulando o nosso grupo. Já nos perguntamos se não é possível comparar o impacto e a transformação que uma filmadora de vídeo traz para a pesquisa em ensino, à transformação que o uso do telescópio trouxe para a astronomia (Koyré, 1979) ou com o uso do microscópio na evolução do pensamento biológico.

Gostaríamos também de discutir algumas limitações que encontramos nessa tomada de dados.

A primeira é preponderantemente de ordem técnica já que se torna necessário um equipamento adequado para a captação do conjunto de interações vividas em sala de aula. Esta limitação acarreta certa dificuldade na captação dos episódios de ensino que caracterize com precisão o nosso objeto de pesquisa. A superação de tais limitações vem sendo feita pelo aprimoramento do trabalho do grupo que tem se mobilizado no sentido de fazer a leitura conjunta das gravações videográficas a procura de minimizar a subjetividade das conclusões que venham a ser obtidas.

Uma outra limitação é a perda da trajetória cognitiva do aluno, já que fica difícil a permanência do foco de gravação no mesmo, dado a necessidade de se captar o conjunto das interações.

Em relação a nossas hipóteses, não nos parece possível atribuir à história das ciências, à resolução de problemas abertos ou a qualquer tipo de abordagem usadas separadamente, a responsabilidade pela efetiva elaboração de conhecimentos científicos.

O processo de construção deste tipo de conhecimento é por demais rico para que usemos identificar isto ou aquilo como responsável pela aprendizagem que se dá em sala de aula. Contudo, quando utilizamos em nossos cursos uma abordagem histórica obtivemos dados interessantes (Carvalho e Castro, 1992) que demonstram ter esta um papel que, entrelaçado ao de outros recursos e formas de abordagem, contribui de forma efetiva para o acercamento do objeto de estudo.

Possibilitadora de uma intimidade maior dos alunos com a ciência, a história parece conferir aos estudantes respaldo para suas questões e dúvidas que aparecem mais claramente nos momentos em que se desenvolve conteúdos reconstruídos historicamente.

Assim, o *gap* existente entre a metodologia de investigação da ciência e do senso comum (c, portanto, do estudante) vai sendo gradualmente reduzido. Essa mudança de postura frente aos fatos e aos fenômenos proporciona a substituição da metodologia da superficialidade (Gil e Carrascosa, 1985) por uma metodologia cada vez mais próxima da científica.

## Referências bibliográficas

- ABIB, M.L.V.S. *Uma abordagem piagetiana para o ensino da flutuação dos corpos*. São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1988. (Textos: Pesquisa para o ensino de ciências, 2)
- CARVALHO, A.M.P. *Formação de professores: o discurso crítico liberal em oposição ao agir dogmático repressivo*. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.41, n.5, p. 432-434.
- CARVALHO, A.M.P e GONÇALVES, M.E. *O Conhecimento Físico na Primeiras Séries*. In: *Conferencia Interamericana Sobre Educacion en Fisica*, Caracas, 1991.
- CARVALHO, A.M.P; LABURU, C. E.; SILVA, D.; MORTIMER, E.; GARRIDO, E.; TRIVELATO, J.; BECHARA, L.; MOURA M.O.; GONÇALVES M.E.; SANTOS, M.; TEIXEIRA, O.; RIBEIRO DO VALLE, M.; CASTRO, R.; ITACARAMBI R. *Síntesis evolutiva de investigaciones en enseñanza de ciencias*. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.9, n.2, p. 169-174. 1991.
- CARVALHO, A.M.P. y CASTRO R. *La Historia de la Ciencia como herramienta para la enseñanza de física en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura*. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.10, n.3, p.289-294. 1992.
- CASTRO A.D. *Didática e psico-pedagogia: relato de uma vivência*. In: *II Encontro Paulista de Formação do Educador*, S. Pedro, 1992

- CASTRO, R. e CARVALHO, A.M.P. *Abordagem histórica no ensino: uma análise desta contribuição. Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, Florianópolis, v.9, n.3, p. 225-237, 1992.
- COLL, C. *Las aportaciones de la psicología a la educación: el caso de la teoría genética y de los aprendizajes escolares*. In: COLL, C. *Psicología Genética y aprendizajes Escolares*. Barcelona: Siglo XXI, 1993.
- COLL, C. *Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: la concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza*. In: COLL, C., PALACIOS, J. y MARCHESI, A. *Desarrollo Psicológico y Educación V.II: Psicología de la Educación*. Madrid, Alianza Editorial, 1990.
- DRIVER, R. *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*. *Enseñanza de Las Ciencias*, Barcelona, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- DRIVER, R. *Students' Conceptions and the Learning of Science*. *International Journal of Science Education*, London, v.11, p.481-490, 1989.
- GAGLIARDI e GIORDAN. *La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza*. *Enseñanza de Las Ciencias*, Barcelona, v.4, n.3, p.253-259, 1986.
- GARCIA, R. *El Desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias*. *Rev. Consejo Nac.Tec. de la Educación*, México, v.42, 1982.
- GARRIDO, E. & CARVALHO, A.M.P. *Analysing Verbal Interaction Between Teacher and Pupils on Tenth Grade Physics Classroom*. In: *Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, USA, 1993.
- GIL-PEREZ, D. *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias*. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.1, n.1, p. 26-33, 1983.
- GIL-PEREZ, D. *La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas*. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.4, n.2, p.111-121, 1986.
- GIL-PEREZ, D. *La formación de formadores en didáctica de las ciencias*. Valencia, Nau Libres, 1970.
- GIL-PEREZ, D. *Tendencias y experiencias innovadoras en la enseñanza de las ciencias*. In: *Proyecto IBERCIMA de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática*. Madrid, Organización de Estados Ibero-americanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1991.
- GIL-PEREZ, D y CARRASCOSA J. *Science learning as a conceptual and methodological change*. *European Journal of Science Education*, London, v.7, n.3, p. 231-236, 1985.
- GIL-PEREZ, D.; DUMAS-CARRÉ, A.; CAILLOT, M. y MARTINEZ TORREGROSA, J. *Paper and pencil problem solving in the physical sciences as an activity of reserch*. *Studies in Science Education*, v.18, p.137-151, 1990.
- GIL-PEREZ, D. y MARTINEZ TERREGROSA, J. *A model for problem-solving in accordance with scientific methodology*. *European Journal of Science Education*, London, v.5, n.4, p. 447-455, 1983.
- GIL-PEREZ, D. y MARTINEZ TORREGROSA, J. *Problem-solving in Physics: a critical analysis*. In: *Research on Physics Education*, Paris: CNRS, 1984.
- GIL-PEREZ, D e CARVALHO, A.M.P.1993. *Formação de professores de ciências*. São Paulo, Cortez Editora, 1993.
- GONÇALVES, M.E.R. *O conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau*. São Paulo. 1987. Dissertação de Mestrado, IF/FEUSP.
- HEILBRON, J.L. *Applied History of Science*. *ISIS*, v. 78, p. 552-563, 1987.
- IFRAH, G. *La Cifra: historia de una gran invención*. Madrid, Editorial Mir, 1989.
- KOYRÉ, A. *Do mundo Fechado ao universo infinito*. São Paulo. EDUSP. 1979.
- LABURU, C.E. *A construção do conhecimento em sala de aula*. São Paulo, 1993, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, USP.
- MATTHEWS, M.R. *A Role For History and Philosophy in Science Teaching*. *Interchange*. Toronto, v. 20, n.2, p. 3-15, 1989.

- MOURA, M. O. *A construção do signo numérico em situação de ensino*. São Paulo, 1992, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação USP.
- PIAGET, J. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro, Zahar, 1977.
- POSNER, G.J.; KENNETH, A.; STRIKE, P. W.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W.A. *Accommodation of a Scientific Conception: toward a theory of concept change*. *Science Education*, v.66, n. 2, p. 211-227.
- RESMORDUC, J. *L'Histoire de la phisic peut-elle eclaire les obstacles epistémologiques?* *Aster*, v.5, p. 117-141, 1987.
- RIBNIKOV, K. *Historia de las matematicas*. Moscou, Editorial Mir, 1987.
- ROWELL, J. A.; DAWSON, L. J. 1985 *Equilibration, conflict and instruction: a new class - oriented perspective*. *European Journal of Science Education*, 7(4) 331-344.
- ROWELL, J. A. *A piagetian epistemology: equilibration and the teaching of science*. *Synthese*. Netherlands. v. 80, p. 141-162, 1989.
- SANTOS, M.S. *A metodologia de resolução de problemas como atividade de investigação: um instrumento de mudança didática*. São Paulo, 1993, Tese de doutoramento, Faculdade de Educação USP.
- SILVA, D. *O ensino construtivista da velocidade angular*. São Paulo, Faculdade de Educação USP 1990. (Textos: Pesquisa para o ensino de ciencias, n.4).
- STRIKE, K.A.; POSNER, G.J. *A revision theory of conceptual change* To be published in R. DUSCHL and R. HAMILTON (eds.) *Philosophy of Science and Educational Theory and Practice*, New York, Suny Press, 1990.

(Recebido para publicação em 26.10.92 e liberado em 26.11.93)