

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ENSINO DE CIÊNCIAS

Anna Maria Pessoa de Carvalho*

Quando discutimos e apresentamos o ensino construtivista partimos, sempre, tanto de alguns pressupostos teóricos de origem epistemológica e psicológica que explicam como a humanidade e o indivíduo constroem o conhecimento, como também, de um conjunto de dados empíricos originados pelas pesquisas em conceitos alternativos, realizadas principalmente nestas últimas três décadas e que mostraram a resistência desses conhecimentos adquiridos de maneira espontânea ao ensino sistemático dos conceitos científicos.

Podemos propor três pressupostos que servem de base para o desenvolvimento do construtivismo no ensino: 1) o aluno é o construtor do seu próprio conhecimento; 2) o conhecimento é um contínuo, isto é, todo conhecimento é construído a partir do que já se conhecimento: 3) o conhecimento a ser ensinado deve partir do conhecimento que o aluno já traz para a sala de aula.

Para planejarmos um ensino que leve em consideração esses pressupostos teremos que responder a uma pergunta central: como fazer para que os alunos construam o conhecimento que lhes queremos ensinar, a partir do conhecimento espontâneo trazido para a sala de aula?

Esta questão, que estuda a mudança conceitual no ensino de Ciência, está sendo amplamente pesquisada por grupos internacionais e também nacionais (Posner et al., 1982; Driver, 1986e1989; Rowell e Dawson, 1984; Rowell, 1989; Gil, 1983,1986 e 1990; Carvalho et al.,1990 e 1992; Peduzzi e Peduzzi, 1988; Pacca e Villani, 1992). Apesar de todos admitirem os pressupostos acima e darem bastante ênfase à História e Filosofia das Ciências como uma das diretrizes do planejamento destas pesquisas (e conseqüentemente deste ensino), alguns tomam como base teorias psico-

*Professora da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

lógicas diferentes (Piaget, Ausubel, Kelly, Vygotsky) para responder a uma questão anterior: "como o sujeito constrói o seu conhecimento?".

Se no desenvolvimento do ensino em sala de aula essas diferenças teóricas são muito pouco detectadas — pois todos os autores propõem, com maior ou menor ênfase, a ação do sujeito sobre o objeto de conhecimento e a interação entre os sujeitos —, é no planejamento do ensino e principalmente nas análises, nas interpretações e nas generalizações dos resultados destas pesquisas que essas diferenças influem.

Optamos pela Epistemologia Genética para a explicação de como o sujeito constrói o seu conhecimento (Carvalho et al., 1992a); entretanto temos claro que a relevância da teoria de Piaget para a Didática das Ciências não impede mas permite e até exige abertura para outras teorias que possam esclarecer problemas comuns. Castro (1992) mostra que essa teoria não constitui barreira ou muralha,mas, ao contrário indica ao pesquisador muitos caminhos interdisciplinares.

No desenvolvimento do presente trabalho, para mostrar a trajetória teórica que escolhemos para resolver o problema de "como fazer para que os alunos construam o conhecimento que lhes queremos ensinar a partir do conhecimento espontâneo trazido para a sala de aula", iremos em primeiro lugar indicar, de maneira muito esquemática, dois pontos para nós essenciais da teoria de Piaget: a equilíbrio das estruturas cognitivas e os estudos psicogenéticos que mostram a atribuição da estrutura lógica à natureza, explicando a construção da causalidade física nos sujeitos. Procuraremos fazer uma estreita ligação desses dois pontos com o ensino das Ciências.

Numa segunda parte apresentaremos como as pesquisas em conceitos alternativos desequilibraram o nosso grupo e como a História e a Filosofia das Ciências não só nos trouxeram as explicações necessárias para entendermos o fenômeno da resistência desses conceitos ao ensino em sala de aula, mas também nos reequilibraram, mostrando caminhos para, juntamente com a teoria piagetiana, planejarmos um ensino visando a uma mudança do conceito espontâneo para conceito científico.

A Construção do Conhecimento pelos Sujeitos

A Teoria da Equilibração Piagetiana fornece uma estrutura que nos parece capaz de abarcar os vários aspectos da questão de saber como o estudante melhora suas noções, construindo o conhecimento. Segundo esta teoria, todo indivíduo possui um sistema cognitivo que funciona por um processo de adaptação (assimilação/acomodação) que é perturbado por *conflitos e lacunas*, reequilibrando-se por meio de compensações (Carvalho et al., 1992b).

Sem entrar em muitos pormenores, vamos tentar explicar esses conceitos piagetianos, exemplificando-os dentro de nosso campo, que é o ensino de Ciências. Em primeiro lugar, o sujeito, ao se aproximar do objeto de conhecimento por meio do processo de adaptação, utiliza dois elementos fundamentais que compõem qualquer sistema cognitivo. O primeiro é a "assimilação ou a incorporação de um elemento exterior (objeto do conhecimento, etc.) num esquema sensório-motor ou conceitual do sujeito(...). O segundo processo central é a acomodação, quer dizer, a necessidade de que a assimilação se encontra de considerar as particularidades próprias dos elementos a assimilar" (Piaget, 1977, p. 16 e 17). Estes dois elementos estão normalmente em equilíbrio. O sistema é perturbado e mecanismos de equilibração são disparados no indivíduo, quando um conflito ou uma lacuna, reconhecidos antecipadamente como tais, são gerados frente a um objeto ou a um evento.

A partir de perturbações são produzidas construções compensatórias que buscam outro equilíbrio, melhor que o anterior (o que Piaget chama de equilibração majorante). Nas desequilibrações e equilibrações sucessivas o conhecimento exógeno é complementado por reconstruções endógenas que são incorporadas ao sistema do sujeito. As estruturas cognitivas utilizáveis na abordagem de objetos, fatos ou novos conceitos são então desenvolvidas, proporcionando o progresso na construção do conhecimento.

Nessa maneira de explicar como o conhecimento progride, o estado conflitual constitui o motor, desempenhando o papel de mola propulsora. A ultrapassagem desse estado, ou seja a reequilibração majorante, é a real fonte de progresso.

Essa teoria inspirou várias propostas de ensino na linha construtivista que lançam mão da estratégia de "conflitos cognitivos", segundo a qual o aluno aprende se suas idéias espontâneas sobre determinados fenômenos são colocadas em conflito com os observáveis, ou seja, se suas previsões ou antecipações elaboradas dentro de um esquema conceptual espontâneo são contrariadas por resultados experimentais. Muitos exemplos podem ser dados, mostrando uma situação de conflito cognitivo: o citado por Carvalho et al. (1992b) é a expectativa do aluno, ao iniciar um curso de eletricidade, em relação à intensidade do brilho de diversas lâmpadas ligadas em série. Perguntado o que ocorrerá, ele poderá afirmar que a primeira brilhará mais que a segunda e esta mais do que a terceira e assim por diante; chegará a explicar que isto ocorre porque, ao passar pela primeira lâmpada, a corrente "é dissipada" ou "gasta-se", o mesmo ocorrendo após passar pela segunda, etc. Este tipo de raciocínio é muito comum em nossos alunos, o que parece demonstrar uma indiferenciação entre corrente, energia e potência. No momento em que a experiência é realizada e constatando-se o igual brilho das lâmpadas, há um conflito entre a explicação prévia e o resultado empírico.

Ao construirmos atividades de ensino baseadas na teoria da equilibração, devemos levar em conta que as perturbações são de dois tipos: as conflitivas e as lacunares. As conflitivas, já exemplificadas, contrariam as expectativas e implicam em correções, factíveis apenas a partir da análise da contradição. As lacunares "ocorrem quando numa situação faltam objetos ou condições que seriam necessárias para realizar uma ação ou ainda quando não se tem informação ou conhecimentos indispensáveis para resolver um problema" (Piaget, 1977). Dessa forma as lacunas relacionam-se com um esquema de assimilação já ativado e sua regulação implica reforços e não correção.

Como exemplo de uma perturbação lacunar (Carvalho et al., 1992b), podemos imaginar a reação de um aluno frente a um experimento de objetos cilíndricos descendo um plano inclinado. Utilizando-se cilindros homogêneos, confirma-se a expectativa do senso comum, ou seja, os cilindros descem o plano. O resultado será diferente se usarmos um cilindro não homogêneo, que possui um material mais denso colocado assimetricamente em relação ao seu eixo de simetria. Nesse caso, ele

poderá subir o plano. Este fenômeno só será convenientemente explicado pelo aluno se for introduzida a noção mais geral de centro de massa. Tal superação implica o preenchimento de uma lacuna existente em seu conhecimento, por um mecanismo de regulação que envolve extensão de conteúdo e não de correções.

O fato de a perturbação se apresentar segundo essas duas formas é importante e não pode ser ignorado, apesar de que na maioria dos casos reais elas compõem juntas como fontes de desequilíbrio.

Outro ponto muito importante para a compreensão de como os sujeitos constroem o seu conhecimento, principalmente o conhecimento físico, foram os trabalhos da Escola de Genebra (Piaget e Garcia, 1971; Piaget, 1973; Piaget et al., 1975; etc), que pesquisaram como as crianças constroem os conceitos físicos, como por exemplo as noções de força, de vetor, de movimento, de calor, etc. A sistematização destas pesquisas feita por Piaget e Garcia (1971) em seu livro *As Explicações Causais* provocaram um grande impacto nas pesquisas em ensino de ciências.

Coll (1983), fazendo uma revisão da influência dos trabalhos de Piaget no ensino, mostrou que "será necessário conhecer com o máximo detalhe o caminho que o aluno segue para a construção destes conhecimentos específicos... será mesmo conveniente conhecer os procedimentos mediante os quais o aluno vai se apropriando progressivamente destes conteúdos, se desejamos intervir eficazmente em sua aquisição".

Seguindo a linha proposta por Coll, sugeriram vários estudos sobre a psicogênese dos conceitos que a escola deve ensinar (Góes, 1983; Carvalho, 1989; Silva, 1990; Valle Filho, 1989; Nardi, 1991; Trivelato, 1989; Bechara, 1991; Trivelato, 1993). Esses trabalhos mostram a evolução de uma idéia, de uma concepção, ao longo do tempo, mas o fator mais importante que surge da análise dos dados dessas pesquisas é o conhecimento do mecanismo de passagem de um estágio para outro. Esses mecanismos são elaborações, mudanças, transformações, negações ou acréscimos que um sujeito faz para atingir um nível de noções hierarquicamente melhor na compreensão e explicação da realidade (Carvalho et al., 1990).

Conhecer como os sujeitos constroem a relação causal que lhes permite explicar os fenômenos que estamos ensinando é fundamental para o preparo das atividades de ensino. Sabendo de antemão como os adolescentes pensam a respeito desses fenômenos, podemos planejar atividades nas quais eles tenham a oportunidade de se expressar, de mostrar os seus raciocínios, dando ao professor condições de propor perguntas que desequilibrem as estruturas dos alunos e os façam tomar consciência de seus raciocínios espontâneos.

Citamos dois exemplos para esclarecer os que estamos propondo. Tomamos conhecimento (Silva, 1990) que os alunos constroem a noção de velocidade angular quando procuram explicar a velocidade de dois pontos diferentes de um mesmo corpo (três dimensões) que gira em torno de um eixo. Ao tentarem superar a seguinte contradição; têm as mesmas velocidades pois estão girando juntos e têm velocidades diferentes pois percorrem espaços diferentes em tempos iguais, os sujeitos sentem a necessidade de descrever o fenômeno com um novo conceito. Ao planejar o ensino deste conceito, o professor deverá propor uma experiência, ou mesmo um problema, em que esta situação — como descrever as velocidades de pontos diferentes em um corpo que gira — seja discutida e interpretada pelos alunos na procura da tomada de consciência, por esses mesmos alunos, da contradição entre a velocidade linear e angular. Essa atividade que tem por objetivo desequilibrar a estrutura cognitiva dos estudantes é muito diferente da aula tradicional onde a velocidade angular é apresentada a partir do estudo de um ponto em movimento circular (uma só dimensão) seguido das leis matemáticas que descrevem este fato. As atividades que dão oportunidade aos alunos de buscarem relações causais, isto é, aquelas nas quais eles atribuem aos objetos operações lógicas próprias do sujeito para a explicação de um fenômeno são bastante diferentes daquelas atividades nas quais o aluno se limita a aplicar uma lei já estabelecida na explicação dos fenômenos ou de uma situação.

Um outro exemplo interessante aparece no ensino de flutuação dos corpos. Num estudo que caracteriza as etapas por que passam os sujeitos ao explicarem o fenômeno da flutuação, Inhelder e Piaget mostram que uma das hipóteses levantadas pelas crianças na busca de suas explicações é que um corpo flutua ou não dependendo da quantidade de líquido do

vasilhame em que se encontra o corpo. Essa é uma hipótese completamente alheia ao raciocínio lógico de um físico, entretanto no desempenho do ensino desse tópico, para aluno de segundo grau, Abib, em aula experimental, ao dar oportunidade aos alunos de levantarem suas próprias hipóteses para explicar o porquê um corpo flutuava, encontrou alunos que sugeriam a relação entre quantidade de água no vasilhame e a condição de flutuar ou não.

Este conhecimento prévio da psicogênese do conceito é importante para que o professor possa não só estar preparado para dar condições ao aluno para provar sua hipótese (ter recipientes com volumes diferentes) mas principalmente, saber ouvir, isto é, estar atento ao que vem explícito em suas elaborações, em suas participações e, principalmente, aceitar raciocínios aparentemente ilógicos. Sem provar essa hipótese, sem superar esta contradição durante o ensino, esses alunos iriam continuar com essa estrutura conceitual espontânea atrapalhando o desenvolvimento da aprendizagem.

Todas essas pesquisas nos dão uma base bastante sólida para iniciarmos o ensino, já que nos fornecem elementos para planejarmos atividades que levem os alunos a conflitos cognitivos essenciais à construção do conhecimento. Entretanto a escola tem por objetivo ensinar uma ciência atual, compatível com a realidade de nossos dias, e as pesquisas têm mostrado (Posner et al., 1982) que as situações de conflito são necessárias mas não suficientes para realizarmos uma mudança conceitual, isto é, para mudarmos os conceitos espontâneos em científicos. Para isso será necessário planejarmos atividades que levem os alunos a uma reequilibração em um nível superior, superando os conceitos espontâneos e construindo os conceitos científicos. E isso deverá ser feito com as atividades de perguntas, exposições, laboratórios, problemas, etc., (estratégias de perturbações lacunares). Mas onde vamos nos basear para planejarmos tais atividades para que realmente provoquem uma reestruturação nos conceitos dos alunos?

O Outro Lado da Medalha

Halbwachs (1975 e 1981) apontou para a importância da estrutura dos

conteúdos científicos específicos e o seu relacionamento com as estruturas mentais dos sujeitos, mostrando as dificuldades do ensino e da aprendizagem desses conhecimentos científicos. Às sugestões cautelosas de Halbwachs quanto as dificuldades do ensino dos conteúdos científicos vieram acrescentar-se os resultados espantosos das pesquisas em conceitos alternativos.

A partir da década de 70 começaram a aparecer na literatura (Viennot, 1976; Trowbridge e McDermott, 1981) resultados de pesquisas mostrando que estudantes que freqüentavam os cursos de Física das melhores universidades do mundo ocidental apresentavam, quando submetidos à questões pouco diferentes das tradicionalmente trabalhadas em classe, conceitos muito próximos aos da Física aristotélico-escolástica. Estas pesquisas foram replicadas em várias partes do mundo, em vários meios sócio-culturais, em diferentes graus de ensino, em várias estruturas escolares, inclusive aqui no Brasil (Teixeira, 1982; Villani et al., 1985; Laburu, 1987) e os resultados obtidos foram sempre os mesmos: uma parcela significativa dos estudantes apresentavam, após o ensino, conceitos diferentes dos conceitos científicos ensinados em sala de aula. Essas pesquisas foram estendidas para outras disciplinas como Química (Anderson, 1986) e Biologia (Trowbridge e Mintzes, 1988; Albadalejo e Lucas, 1988; Bizzo, 1991; Bastos, 1991) e um número cada vez maior de conceitos alternativos foram e estão sendo detectados, existindo até revisões sistematizadas dessa bibliografia como é o caso do livro de Driver et al. (1985).

A existência desses esquemas conceituais alternativos é um dos resultados mais solidamente estabelecidos pelas investigações em Didática das Ciências (Clough e Driver, 1986) e, em todas as pesquisas, estes esquemas se mostraram semelhantes a uma estrutura científica muito próxima à aristotélica.

O fracasso do ensino em mudar tais concepções reforça a necessidade de uma perspectiva construtivista de ensino e aprendizagem, onde o conhecimento não é simplesmente transmitido, mas construído pelo próprio sujeito.

Na obra de Piaget e Garcia, *Psicogênese e História das Ciências* (1986), os autores discutem a relação da construção dos conceitos científicos pelas crianças e pelo cientista reafirmando e explicando a impossibilidade de a criança espontaneamente construir os conhecimentos de uma ciência atual. Os conhecimentos científicos não foram construções arbitrárias, senão que partiram de — e quase sempre enfrentaram — concepções pré-científicas de uma certa coerência, sendo que as explicações aristotélicas dos fenômenos da natureza perduraram por mais de 20 séculos e a mudança para uma física clássica não foi uma transformação fácil, exigindo, além de mudanças conceituais, modificações na metodologia de se resolverem os problemas propostos (Gil, 1986; Gil et al., 1992).

Entretanto, a existência de concepções espontâneas, fruto de experiências de sentido comum, era algo perfeitamente esperado na escola, algo que Bachelard (1938) já havia assinalado com toda a clareza: "Tem me surpreendido sempre que os professores de Ciências, em maior medida que os outros, não compreendam ...não pensem sobre o fato de que o adolescente chega nas aulas de Física com conhecimentos empíricos já constituídos; trata-se, pois, não de adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana".

É essa mudança de cultura — da espontânea para a científica — essa transposição de obstáculos epistemológicos que a escola tem de fazer nos obrigando a conceber a aprendizagem como uma mudança conceitual e também metodológica (Gil e Carrascosa, 1985).

É com esta visão que o conhecimento da História e da Filosofia das Ciências se torna importante para o planejamento do ensino, apresentado-se como uma forma de associar os conhecimentos científicos com os problemas que originaram sua construção, pois como assinala Bachelard (1938) "todo conhecimento é a resposta a uma questão". É por meio da História das Ciências que vamos conhecer quais foram as questões, as perguntas, as dificuldades, os obstáculos epistemológicos que os cientistas tiveram de superar ao construir os conhecimentos que queremos ensinar em sala de aula. Vamos exemplificar com o

conceito de força, tão difícil para os alunos aprenderem e tão facilmente transmitido nas escolas, em duas ou três aulas, através da apresentação das leis de Newton: $F = m \cdot a$ e a lei de ação e reação.

Outra faceta importante que o conhecimento da História das Ciências pode contribuir para o ensino é podermos compreender melhor as dificuldades dos alunos (Satiel e Viennot, 1985; Carvalho, 1989). Quando propomos, aos alunos, determinadas atividades de conflito cognitivo, os raciocínios apresentados por eles, apesar de não serem iguais a de nenhum cientista, assemelham-se, numa visão geral, às idéias já registradas na História. Quando vemos pela História das Ciências como foi difícil, por exemplo, a separação entre os conceitos de massa e peso e quantidade de matéria, pensamos em quantos anos e quantos cientistas trabalharam com esses conceitos até que suas definições fossem estabelecidas e como hoje as conhecemos e ensinamos, temos mais paciência e compreensão com as dificuldades dos alunos. Quando se está iniciando o ensino de mecânica, e discutindo as leis de Newton, temos grande possibilidade de encontrar os alunos apresentando concepções mais próximas ao conceito de *impetus* de Buridan do que o de "impulso" de Newton. Essa passagem — *impetus*/impulso — tem de ser feita em sala de aula e, portanto, o professor deve conhecer as grandes questões que levaram às mudanças de paradigmas. Estas questões devem ser debatidas em classe se a intenção do ensino é realizar uma mudança conceitual. De outra maneira teremos ao final do curso alunos com conceitos aristotélicos usando fórmulas newtonianas.

Como assinala Bachelard (1938) "todo conhecimento é a resposta a uma questão" e nós precisamos saber fazer as questões corretas a fim de que os alunos construam os seus novos conhecimentos. Além das questões propriamente ditas, nos é importante procurar desvendar na História e na Filosofia das Ciências as questões metodológicas empregadas na construção do conhecimento científico. Na verdade foi esta metodologia científica que fez com que a quantidade de conhecimento adquirido pela humanidade nestes últimos quatro séculos crescesse de forma exponencial e modificasse completamente a nossa qualidade de vida.

Concluindo, então, a teoria piagetiana nos dá condições para entendermos os processos de desequilíbrio/reequilíbrio na construção do conhecimento do indivíduo e nos permite particularizar para a construção do conhecimento em sala de aula. As pesquisas em psicogênese dos conceitos associadas às de conceitos alternativos nos dão um fértil material para a construção de atividades que levem o aluno a conflitos cognitivos. Por outro lado, a História da Ciência, além de nos proporcionar também idéias para excelentes atividades problematizadoras, desvenda as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos, isto é, a forma com que os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de suas atividades, os critérios de validação e aceitação das teorias científicas (Gil, 1986). Este conhecimento vai permitir orientar adequadamente as práticas de laboratório (Gil e Paya, 1988), a resolução de problemas (Gil et al., 1992) e, de uma maneira geral, estas atividades permitem a reconstrução do conhecimento pelos alunos.

Referências Bibliográficas

- ALBADALEJO, C, LUCAS, A. Pupils' meaning for mutation. *Journal of Biological Education*, v.22, n.3, p.215-219, 1988.
- ANDERSON, R. Pupils explanation of some aspects of chemical reaction. *Science Education*, v.75, n.5, p.549-565, 1986.
- BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin 1938.
- BASTOS, F. *Conceito de célula viva entre estudantes de segundo grau*. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- BECHARA, L. *O desenvolvimento de noções de semelhança na resolução de questões de ampliação e redução de figuras planas*. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- BIZZO, N.M.V. *Ensino de evolução e história do Darwinismo*. São Paulo, 1991. Tese (Doutorado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, A.M.P. *Física: proposta para um ensino construtivista*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1989.
- CARVALHO, A.M.P. et al. *Ciência na escola de primeiro grau*. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 1990. p.63-73:0 construtivismo e o ensino de ciências.
- CARVALHO, A.M.P. et al. Síntesis evolutiva de investigaciones en enseñanza de ciencias. *Ensenanza de las Ciencias*, v.9, n.2, p.69-174, 1991.
- CARVALHO, A.M.P. et al. *La historia de la ciencia, la psicogenesis y la resolución de problemas en la construcción del conocimiento en el aula*. [S.l.: s.n.], 1992a. Trabalho apresentado no Encuentro Internacional sobre Investigación en la Escuela para el Año 1992, Rabida Espanha 26/6 a 4/7/92.
- CARVALHO, A.M.P. et al. Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciência. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, n.82, p.85-89, 1992b.
- CASTRO, AD. *Didática e psico-pedagogia: relato de uma vivência*. São Paulo, 1992. Trabalho apresentado no II Encontro Paulista de Formação do Educador, São Paulo, maio de 1992.
- CLOUG, E.E., DRIVER, R. A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, v.70, n.4, p.473-496, 1986.
- 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*. [Madrid]: Siglo XXI, 1983.

- DRIVER, R. Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Ensenanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p.3-15, 1986.
- DRIVER, R. Students Conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p.481-490, 1989.
- DRIVER, R. et al *ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata: MEC, 1895.
- GIL, D. Tres paradigmas básicos de la enseñanza de las ciencias. *Ensenanza de las Ciencias*, v.1, n.1, p.26-33, 1983.
- GIL, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Ensenanza de las Ciencias*, v.4, n.2, p. 111 - 121, 1986.
- GIL, D. Por una formación permanente efectiva. In: GIL, D. (Ed). *La formación de formadores en didáctica de las ciencias*. Valencia: Nau Libres, 1990.
- GIL, D., CARRASCOSA, J. Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, v.7, n.3, p.231-236, 1985.
- GIL, D., PA YA, J. Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica. *Revista de Enseñanza de la Física*, v.2, n.2, p.73-79, 1988.
- GIL, D. et al. Questionando a didática da resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.9, n.1, p.7-19, 1992.
- GÓES, L.E. *O ensino-aprendizagem das noções de latitude e longitude no 1º grau*. Rio Claro, 1983. Dissertação (Mestrado) —UNESP
- HALBWACHS, F. *Physique du maitre entre la physique du physicien et la physique de l'eleve*. [S.l.: s.n], 1975
- HALBWACHS, F. Aprendizagem das estruturas e aprendizagem das significações. *Revue Française de Pedagogie*, n.33, 1981.
- LABURU, C.E. *Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em crianças e adolescentes*. São Paulo, 1987. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- NARDI, R. *Campo de força: subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino deste conceito*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, 1991.
- PACCA, J., VILLANI, A. *A lei da inércia: planejamento pedagógico, aprendizagem significativa*. São Paulo, 1992. Projeto USP/BID.
- PEDUZZI, S.S., PEDUZZI, L.O.Q. Leis de Newton: uma forma de ensiná las. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.5, n.3, 1988.
- PIAGET, J. *La formation de la notion de force*. Paris: Presses Universitaires de France, 1973.
- PIAGET, J. *O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio de estruturas cognitivas* Lisboa: Dom Quixote, 1977.
- PIAGET, J., GARCIA, R. *Les explications causales*. Barcelona: Barrai Ed., 1971
- PIAGET, J., GARCIA, R. *Psicogênese e história das ciências*. Lisboa: Dom Quixote, 1987.
- PIAGET, J. et al. *La composición de forces et le problème des vecteurs*. Madrid: Ed. Morata, 1975.
- POSNER, G.J. et al. Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, n.2, p.211-227, 1982.

- ROWELL, J.A. Piagetian epistemology: equilibration and the teaching of science. *Syntese*, n.80, p.141-162, 1989.
- ROWELL, J.A., DAWSON, C.J. Equilibration, conflict, and instruction: new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education*, Londres, v.7, n.3, p.331-344, 1984.
- SALTIEL, E., VIENNOT, L. Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontâneo de los estudiantes? *Ensenanza de las Ciencias*, v.3, n.2, p.137-144, 1985.
- SILVA, D. *O ensino construtivista de velocidade angular*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, 1990.
- TEIXEIRA, S.K. *Estudo de noções espontâneas acerca de fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos*. São Paulo, 1982. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- TRIVELATO, J. *Noções de concepções das crianças e adolescentes sobre de compositores: fungos e bactérias*. São Paulo, 1993. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- TRIVELATTO, G.C. *Conservação e modelo corpuscular*. São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- TROWBRIDGE, J.E., MINTZES, J.J. Alternative Conceptions in animal classifications: a cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, v.25, n.7, p.547-571, 1988.
- TROWBRIDGE, D.E., McDERMOTT, L.C. Investigation of Student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, St.Louis, v.49, n.3, p.242-253, 1981.
- VALLE FILHO, MR *Estudo psicogenético da noção de centro de massas: uma contribuição para o ensino de física*. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) — Faculdade de São Paulo, Universidade de São Paulo.
- VIENNOT, L. *Le raionnement spontane en dynamique élémentaire*. Paris, 1976. Tese (Doutorado) — Université Paris VII. Publicada em 1979 por Herman, Paris.
- VILLANI, A. et al. Concepção espontânea sobre movimento. *Revista de Ensino de Física*, v.7, n.1 1985.