
A TEORIA DE PIAGET COMO SISTEMA DE REFERÊNCIA PARA COMPREENSÃO DA “FÍSICA INTUITIVA”*

João Filocre
Colégio Técnico da UFMG
Belo Horizonte – MG

Introdução

À primeira vista, a “Física Intuitiva” parece constituir um campo de investigação inequivocamente bem sucedido, se nos deixamos impressionar pelo ritmo frenético com que os trabalhos vêm sendo produzidos. Mas, se vamos além das aparências imediatas, detectamos a existência de inúmeros problemas e dificuldades que, se não forem devidamente equacionados, ameaçam reduzir os resultados obtidos a um amontoado de informações curiosas e sem significado.

Não se pode decidir pelo sucesso dessas investigações com base, apenas, no espaço ocupado nas revistas especializadas ou na quantidade de “conceitos intuitivos” e “modos de raciocínio” que nos é dado conhecer. É preciso ir além disso e buscar alcançar os seus mecanismos funcionais, o processo formador e motor do seu desenvolvimento. Em suma, impõe-se avançar em termos da compreensão deste fenômeno, procurando ir além da mera descrição dos fatos observados, e atingir o seu significado através de um sistema explicativo mais abrangente que dê conta dos “comos” e dos “porquês”.

Neste artigo, não se pretende abordar de forma exaustiva essas questões. Partindo do estado atual das pesquisas, procura-se detectar alguns dos seus principais problemas e apresentar uma forma de abordagem, com base na Epistemologia Genética, que nos parece a mais promissora.

* Este artigo é parte de um estudo mais abrangente que visa a elaboração da dissertação de mestrado em ensino de Física, no IFUSP, sob a orientação da Prof^a Dra. Jesuína L. A. Pacca.

sora para um equacionamento adequado dos problemas existentes e a mais rica em conseqüências em termos pedagógicos.

O estado atual das pesquisas: problemas e perspectivas

As dificuldades em se fazer chegar às salas de aula os resultados que vêm sendo obtidos pelas pesquisas em “Física Intuitiva”, isto é, a incapacidade de convertê-los em efetivos instrumentos de transformação da prática pedagógica consagrada pela tradição escolar, podem ser tomadas como um “termômetro” que nos fornece o grau de sucesso dessas pesquisas. Embora não se deva tomar isto como uma tentativa de redução do seu objeto de estudo ao problema pedagógico, não se pode ignorar que esta é uma análise que se situa dentro do campo da educação científica e que, por menos precisos que esses termos possam ser, ela não pode fugir ao compromisso inalienável de fornecer subsídios para uma melhor compreensão do fenômeno educacional.

Por isso mesmo, é na medida dos seus reflexos sobre o ensino que, em última instância, poder-se-á aquilatar o seu grau de sucesso, e é dentro dessa perspectiva que iremos analisar o quadro atual das pesquisas nessa área.

Embora um amplo trabalho de revisão bibliográfica esteja além do escopo deste artigo⁽¹⁾, é útil, para os nossos propósitos, estabelecer algum parâmetro que nos permita distinguir as diversas pesquisas já realizadas.

Se, como L. Viennot⁽²⁾, admitirmos que todo programa de pesquisa em educação científica deve procurar: a) demonstrar regularidades nas diferentes manifestações dos estudantes, descrevendo-as em termos de “esquemas conceituais” ou “modos de raciocínio” e b) investigar as condições sob as quais esses “esquemas conceituais” podem ser mudados, teremos um bom ponto de partida. Nesse caso, esses dois objetivos poderão, então, ser utilizados para definir os pontos extremos de uma escala entre os quais as pesquisas realizadas podem ser distribuídas. Adotando-se tal critério, o caráter distintivo destas pesquisas, ou conjunto de pesquisas, apóia-se, principalmente, na ênfase dada a cada um desses dois objetivos.

Assim, é fácil verificar que, na nossa escala hipotética, os trabalhos levados a termo, por exemplo, por Viennot⁽³⁾, Clement⁽⁴⁾, Saltiel e Malgrange⁽⁵⁾, Villani e Pacca⁽⁶⁾, dentre outros, estão mais próximos da extremidade definida pelo objetivo a. Sem dúvida, a preocupação central dessas investigações consiste em “inferir elementos da organização mental a partir de regularidades nas respostas dos estudantes”⁽²⁾ e articular essas respostas de modo a se constituírem “modelos” ou “esquemas conceituais”

sintéticos, mas abrangentes, que “dêem conta” das diferentes manifestações dos alunos. Do mesmo modo, os trabalhos de J. Minstrell⁽⁷⁾ e E.A. Fleshner⁽⁸⁾, por exemplo, se situariam numa posição intermediária, pois tratam, de modo mais equilibrado, os dois aspectos envolvidos. Finalmente, mais próximos do outro extremo da escala, estariam aqueles para os quais as respostas, quanto a novas técnicas e estratégias de ensino, se colocam numa perspectiva mais imediata: exemplos típicos são os estudos de W. Brouwer⁽⁹⁾, L.C. McDermott e D.E. Trowbridge⁽¹⁰⁾, P. Hewson⁽¹¹⁾, A. Zylberstajn⁽¹²⁾ etc.

Não nos parece tão importante, pelo menos neste artigo, procurar identificar a posição exata de cada um desses trabalhos de pesquisa na escala proposta e, mesmo que alguma falha se cometa na classificação de uma pesquisa, isto não invalidará os nossos argumentos. O que parece fundamental é que essa escala coloca em evidência a natureza complexa do objeto de estudo dessa área de análise. Ele possui duas componentes ou duas dimensões: uma, epistemológica e outra, pedagógica.

A preocupação em encontrar regularidades nas diferentes manifestações dos estudantes evolui, naturalmente, para indagações sobre como se forma esse conhecimento e como ele se desenvolve; são questões que se referem a epistemologia do conhecimento. A inquietação quanto às condições sob as quais esse conhecimento pode mudar e, em conseqüência, a busca de métodos e técnicas para se assegurar essa mudança, caracterizam uma preocupação eminentemente pedagógica. Dada a sua natureza, um tratamento correto desse objeto de estudo exige, de um lado, o concurso de outras áreas do conhecimento, como a Psicologia; de outro, que os dois aspectos sejam abordados segundo pressupostos coerentes, isto é, não se pode, por exemplo, adotar uma posição frente ao conhecimento, quando se está investigando o “saber” dos estudantes e outra, distinta, quando o problema é o de ensinar novos conceitos.

Suponhamos que nos déssemos ao trabalho de distribuir um número expressivo de pesquisas ao longo da nossa escala. Isto nos permitiria verificar um fato interessante e significativo: do ponto de vista do progresso alcançado pelas várias linhas de pesquisa, há uma nítida vantagem para aquelas que se dedicam, com maior ênfase, a detectar regularidades e construir “modelos”. Estes vêm se tornando cada vez mais refinados (no sentido de passarem a incluir elementos e relações até então ignorados), mais sintéticos (quando se estruturam em torno de grandezas “mais fundamentais”, que estariam “por detrás” dos próprios “modelos” já elabo-

rados) e mais abrangentes (quando uma gama maior de fenômenos passa a ser “explicada” pelo modelo).

Essa constatação não nos deve surpreender porque, à medida que se avança na escala, as dificuldades vão gradativamente aumentando, dada a natureza do problema colocado em evidência; são exatamente nas pesquisas situadas nessa outra extremidade que se coloca, mais diretamente, a questão das implicações pedagógicas do fato de que o sujeito já conhece algo quando chega à escola. Mas essas dificuldades não devem ser explicadas em função, apenas, da complexidade do problema pedagógico; existem problemas intrínsecos às próprias pesquisas que precisam ser explicitados, analisados e superados.

Em primeiro lugar, é nas extremidades da nossa escala que há maior concentração de pesquisas. Isto significa que o objeto de estudo, do ponto de vista das várias pesquisas, não é tratado como uma totalidade, isto é, não se investiga, de forma integrada, as suas duas dimensões e as relações entre elas. Ao contrário, o que se observa é que a atenção dos pesquisadores focaliza um aspecto por vez e, ao passarem de um a outro, surgem contradições, porque os pressupostos mudam durante esse movimento. Por exemplo, numa ponta da escala concebe-se o conhecimento (do aluno) como algo que é construído e sujeito a múltiplas transformações no período do processo de construção; na outra, o conhecimento (científico) que se quer ensinar aparece com um caráter inteiramente diferente: algo acabado, imutável e como o único válido. Isto, evidentemente, constitui uma fonte de conflitos e uma das conseqüências imediatas, em termos pedagógicos; o papel do professor assume um caráter marcadamente teleológico: independentemente de suas próprias concepções, do método de ensino adotado, dos recursos auxiliares utilizados etc, a sua ação só será julgada bem sucedida se, ao final, os alunos tiverem aprendido a Física definida no programa.

Em segundo lugar, há que se destacar o caráter eminentemente descritivo dos trabalhos produzidos. Ora, é evidente que um passo a mais precisa ser dado, porque a construção de um objeto de conhecimento implica em algo mais que a simples acumulação de informações; influencia na construção de esquemas conceituais que permitam interpretar dados prévios e novos, e que tornem possíveis os processos de inferência acerca de propriedades não observadas de um determinado objeto e a construção de novos observáveis na base do que se antecipou e do que foi verificado⁽¹³⁾. Se nos colocamos num contexto meramente descritivo, como podemos tirar alguma conclusão? Como se pode chegar à compreensão do fenômeno? É o referencial teórico que, fornecendo os instrumentos de “leitu-

ra” da experiência, permite distinguir o contingente do necessário; é através do referencial teórico que, funcionando como esquema de assimilação conceitual, as coisas ganham significado e os dados (que, por si só, não nos dizem nada) se transformam em informações relevantes sobre o objeto em questão.

Há um outro aspecto que precisa ser examinado. Considerar o conhecimento do estudante como algo construído por ele mesmo, na sua interação com o meio físico e social, é um pressuposto quase que unanimemente adotado pelos pesquisadores dessa área. Não podemos, então, deixar de examinar os “modelos intuitivos” e os “esquemas conceituais”, produtos dessas pesquisas, e de verificar até que ponto a forma como os resultados são apresentados traduzem essa convicção dos pesquisadores. O que os “modelos intuitivos” representam? O que eles realmente significam e qual a sua utilidade, do ponto de vista pedagógico?

Imaginemos a seguinte situação: se pegarmos um conjunto de respostas dadas pelos mais diferentes alunos (diferentes quanto ao nível de escolarização de desenvolvimento das estruturas cognitivas) e as colocarmos num mesmo “bolo”; se, a seguir, utilizando algumas técnicas de análise de conteúdo, classificarmos essas respostas, criarmos “categorias de respostas típicas” e chegarmos, inclusive, a reuni-las em “modelos”, “esquemas conceituais” e, até mesmo, em “teorias intuitivas”⁽¹⁴⁾, o que obteremos como produto final? De um lado, algo (muito parecido com um mosaico) que não diz respeito a nenhum estudante em particular, embora tenha sido construído a partir de contribuições de todos eles. Em outras palavras, teremos algo que “dá conta” das respostas de todos os alunos da amostra, mas não “dá conta” de todas as respostas de algum aluno em especial; quem é o estudante “típico” que responde e se comporta em conformidade com o “modelo” e as categorias de respostas “típicas”? De outro lado, o produto final desse trabalho denuncia a preocupação em se definir um estado de conhecimento e a sua estrutura.

Ora, se a preocupação for essa e se a situação imaginada corresponde ao que se vem fazendo na pesquisa em “Física Intuitiva”, a pesquisa precisa ser reorientada de modo a passar a fornecer “modelos” com características diferentes, isto é, mais compatíveis com o pressuposto de que o sujeito é construtor do seu próprio conhecimento.

Construir qualquer coisa demanda tempo, principalmente se “qualquer coisa” for conhecimento sobre o mundo físico. Portanto, é lícito supor que pessoas diferentes (no sentido a que já nos referimos) possuem conhecimentos diferentes sobre a natureza. Mais que mera suposição,

os resultados das pesquisas em psicologia genética nos asseguram que sujeitos distintos vêem o mundo de modos diferentes, segundo o nível de desenvolvimento das estruturas mentais de cada um. Assim, as pesquisas em “Física Intuitiva” deveriam passar a fornecer não um único “modelo” (ele não teria significado nem utilidade), mas, pelo menos, vários “modelos”, traduzindo, cada um deles, um estado de conhecimento diferente. Impõe-se, então, uma redefinição da “Física Intuitiva”: a partir de agora, ela só faz sentido se concebida como um conjunto de estados de conhecimento.

Apenas isto, no entanto, não pode nos satisfazer. Os estudos em “Física Intuitiva” não podem se limitar a fornecer aos professores uma coleção de estados de conhecimento: é preciso hierarquizá-los, isto é, decidir que estado antecede (epistemologicamente falando) a qual estado. Mas, não podemos parar por aqui, porque, para o professor, a informação realmente relevante refere-se ao processo de estruturação, mais que à estrutura do conhecimento do aluno; refere-se ao como se dá a passagem de um estado de conhecimento a outro, considerando mais completo e eficaz, que aos próprios estados. É por essa razão que afirmamos que o objeto da pesquisa em “Física Intuitiva” possui uma componente ligada à epistemologia do conhecimento, e respostas adequadas para as questões realmente relevantes para o docente só poderão ser obtidas através dos instrumentos teóricos que a Epistemologia Genética coloca à nossa disposição.

Não é sem razão que as pesquisas vêm apresentando os seus resultados na forma que conhecemos e com os problemas já apontados. A postura dos investigadores dessa área frente às teorias físicas que são ensinadas nas escolas e, em conseqüência, o papel que essas teorias desempenham na classificação, no julgamento e na análise das explicações dos estudantes, respondem por vários problemas e limitações existentes.

A conseqüência mais importante de se tomar o ponto de vista das teorias físicas para se analisar as explicações dos estudantes se manifesta no caráter, que podemos chamar de “científico-mórfico”, da “Física Intuitiva” e dos “modelos” que a integram. Assim, existe a “cinemática intuitiva”, a “estática intuitiva”, a “dinâmica intuitiva”, a “ótica intuitiva”, a “eletricidade intuitiva” etc, como se a “Física Intuitiva” se reduzisse a uma espécie de imagem deformada da Física científica; como se ela não constituísse uma representação distinta da realidade, uma construção original que, em decorrência, impediria ou tornaria sem sentido o estabelecimento de uma correspondência direta entre os vários elementos e relações (que são distintos) envolvidos nas duas representações da realidade.

Estamos tão acostumados a considerar a Física como algo que se aprende nas escolas, e o professor dessa disciplina como o sujeito a quem cabe a responsabilidade de ensiná-la, que é difícil, para muitos, reconhecer que é possível começar a construir um conhecimento sobre o mundo antes mesmo da escolarização e vislumbrar um novo papel para o professor. As pesquisas em “Física Intuitiva” são importantes exatamente por mostrar que isso é possível, ou seja, que as crianças não precisam de autorização institucional para começar a aprender. Mas, por estarem presas ao referencial das teorias físicas, essas pesquisas não conseguem atingir o real significado daquilo que as crianças fazem (tratando o seu conhecimento como uma “Física de segunda categoria”), nem enxergar um outro papel para o professor (que não seja o de ensinar a Física dos manuais).

Em ambos os casos, a nossa afirmação parece conflitar com algumas diretrizes consensualmente adotadas pelos pesquisadores e com muitas das recomendações pedagógicas que aparecem com frequência nos vários artigos: não ignorar o “saber” do aluno; tomá-lo como ponto de partida (ou “modelo de ordem zero”, como sugere J. Clement) para o planejamento de qualquer curso; induzir os alunos a refletirem sobre suas próprias concepções e ajudá-los a enunciarem de modo claro e conciso as suas idéias; encorajar o debate sobre os prós e contras de diferentes interpretações dos estudantes; considerar que esse conhecimento é mais ou menos estruturado, dependendo da área em questão; que ele tem um grande poder explicativo; que é possível encontrar na história da ciência grandes cientistas e pensadores que defenderam pontos de vista semelhantes etc.

Aparentemente, tais recomendações significam uma mudança radical em relação a concepções e práticas pedagógicas anteriores. Mas, se considerarmos que todas elas se destinam a assegurar que, ao final do curso, qualquer que seja a série ou grau de ensino, o estudante tenha aprendido a Física dos textos didáticos, podemos começar a duvidar do seu caráter radical e inovador. Essa pretensão pode traduzir muito bem os objetivos (que se podem questionar) das nossas escolas, mas não faz sentido quando se trata de compreender o significado daquilo que os estudantes fazem e constroem, e de propor uma visão pedagógica compatível com isto.

O primeiro passo para se compreender o significado do “saber” das crianças é evitar ficarmos prisioneiros das nossas próprias convicções, isto é, centrados no nosso próprio ponto de vista de especialistas numa determinada área (a Física). Por que? Porque interpretar como “certo” ou “errado” (em relação ao conhecimento científico) as respostas dos

estudantes e os seus esforços para apreensão e estruturação do real é mascarar, ou negar-se a ver, os processos e intenções que possibilitam uma correta avaliação dos resultados. É preciso partir do pressuposto que as respostas obtidas são a manifestação externa de mecanismos internos de organização e que elas somente podem ser classificadas de “corretas” ou “incorretas” se adotamos o ponto de vista do próprio sujeito, tomado como o único legítimo para a nossa análise; se desejamos “ver” algo nas explicações dos estudantes.

Mas, adotar o ponto de vista das crianças ou dos alunos mais jovens não é uma tarefa simples, porque não conseguimos nos libertar do nosso sistema explicativo e reconstruir, introspectivamente, a nossa visão do mundo anterior. Por isso mesmo, faz-se necessária a pesquisa em “Física Intuitiva”. É através dela que podemos tentar fazer essa reconstrução, procurando ver, então, a racionalidade do que é aparentemente irracional, a coerência do que parece ser incoerente e a dificuldade do que seria óbvio⁽¹³⁾.

O segundo passo consiste em considerar que, se as crianças, desde muito cedo, no esforço de compreender o mundo que as rodeia, fazem perguntas de toda ordem, colocam-se problemas difíceis e abstratos, é porque elas estão construindo objetos complexos de conhecimento. E isto é exatamente a mesma coisa que fazem os pesquisadores em “Física Intuitiva” quando procuram soluções e respostas para os problemas e indagações acerca do conhecimento elaborado pelos estudantes. Em ambos os casos, como já dissemos em relação à pesquisa em “Física Intuitiva”, a construção de um objeto de conhecimento implica muito mais do que mera coleção de informações⁽¹⁵⁾.

É nesse sentido que dissemos que a “Física Intuitiva” constitui uma representação da realidade que se distingue da científica; que a “Física Intuitiva” não pode ser tomada como uma imagem deformada daquela contida nos textos didáticos: ela é uma construção original e traduz uma diferente “visão de mundo”. Assim, a passagem de uma à outra envolve problemas mais complexos e delicados do que pode parecer à primeira vista, pois se trata de uma mudança de representação e não, simplesmente, de traduzir por “correto” (isto é, em linguagem científica) o que já estava presente na “Física Intuitiva”.

Porém, se essas duas representações da realidade são diferentes, não se pode estabelecer distinção, quanto à sua natureza, entre o que faz uma criança e o que faz um cientista que constrói teorias: ambos aplicam e atribuem operações ao real. Mas estas, embora já estejam disponí-

veis para o cientista, não estão prontas nem aparecem acabadas nas estruturas mentais dos sujeitos mais jovens. Ao contrário, elas são resultado de um longo processo de elaboração que se desenrola em íntima cooperação com o próprio desenvolvimento da causalidade. O que os resultados das pesquisas conduzidas por Piaget ao longo de mais de 50 anos nos mostram é que o trabalho do cientista e do jovem estudante não se distinguem quanto à sua natureza, mas quanto ao nível de diferenciação entre o causal e o operatório e quanto à qualidade das operações aplicadas e atribuídas ao real.

Portanto, se nos níveis mais elementares de desenvolvimento, é possível estabelecer distinção entre as explicações causais da criança e as do cientista, o mesmo não se poderá fazer quando o sujeito chega a alcançar o estágio final de desenvolvimento das estruturas mentais. Neste caso, ele estará em condições, não apenas de entender as explicações científicas, mas de elaborar sistemas explicativos que, embora possivelmente limitados a um conjunto mais restrito de fenômenos, podem competir, no seu domínio de abrangência, com os sistemas explicativos da própria Física. É nesse sentido, e nessas condições, que é lícito falar de “modelos intuitivos” e “esquemas conceituais” alternativos.

Isto não significa, no entanto, que basta atingir o estágio das operações lógico-matemáticas para que, automaticamente, as explicações do sujeito adquiram o status de “alternativa”. Há um paralelismo e uma íntima colaboração mútua entre os desenvolvimentos da causalidade e das operações, mas não há um sincronismo perfeito: podem ocorrer defasagens, de tal modo que é possível encontrar sujeitos que, embora no nível operatório formal, apresentem explicações causais que estejam aquém da sua capacidade de elaboração.

Por isso não subestimamos o papel da escola e dos professores. Ao contrário, acreditamos que eles podem cumprir uma função relevante e insubstituível, desde que esta não se reduza a fornecer “respostas corretas”, mas que propicie ao estudante as condições necessárias para o seu pleno desenvolvimento. Se, de um lado, não se justifica ignorar o conhecimento científico já existente, não se justifica, do mesmo modo, a atitude de querer erradicar (“ex-abrupto” ou paulatinamente, por métodos mais dissimulados) o ponto de vista do aluno. O papel do professor não pode se restringir ao de “ensinar Física”; ele deve procurar, também, criar as condições que assegurem aos aprendizes a oportunidade de desenvolver as suas próprias explicações até o nível em que elas possam se converter em sistemas causais alternativos mas, ao mesmo tempo, fazendo-os ver que

existem outros modos de explicar e estruturar os fenômenos. Além das teorias físicas atuais é preciso considerar também aquelas que as antecederam na história da ciência.

A não ser desse modo, educar as crianças e os jovens significaria um esforço para torná-los iguais a nós mesmos, para que passassem a dar respostas iguais às nossas e a “ver” o mundo da mesma forma que o vemos. Ora, devemos educá-los porque acreditamos em algo; porque cremos que existem certos processos que precisam ser vividos por eles e que são imprescindíveis para a aquisição das condições necessárias para a sua plena realização como seres humanos.

Agradecimentos

À Prof^a Jesuina L.A. Pacca, pela leitura crítica e pelas sugestões, e aos colegas do Setor de Física do Celtec pelas ricas discussões realizadas.

Notas e referências bibliográficas

1. Quem estiver interessado em trabalhos de revisão bibliográfica mais completos pode consultar os seguintes artigos:

- (a) McDERMOTT, L.C. Research on conceptual understanding in mechanics. Physics Today, 37(7), p. 24-32, 1984.
- (b) McDERMOTT, L.C. Critical review of research in the domain of mechanics. Proceeding of first international workshop: research on physics education, La Londe les Maures, 1983.
- (c) DRIVER, R. & EASLEY, J. Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. Studies in Sci. Educ., 5, p. 61-84, 1978.
- (d) TIBERGHIE, A. Critical review of research concerning the meaning of electrical circuits for students aged 8 to 20 years. Proceeding of first international workshop: research on physics education, La Londe les Maures, 1983.
- (e) TIBERGHIE, A. Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of temperature and heat for students aged 10 to 16 years. Proceeding of first international workshop: research on physics education, La Londe les Maures, 1983.

2. VIENNOT, L. Analyzing students' reasoning in science: a pragmatic view of theoretical problems. Eur. J. Sci. Educ., 7(2), p.151-62, 1985.
3. VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. Eur. J. Sci. Educ., 1(2), p. 205-21, 1979.
4. CLEMENT, J. Students' preconceptions in introductory mechanics. Am. J. Physics, 50(1), p. 66-71, 1982.
5. SALTIEL, E. & MALGRANGE, J.L. Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics. Eur. J. Phys., 1, p. 73-80, 1980.
6. (a) VILLANI, A. et alii. Analisando o ensino de Física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes. Publicações IFUSP, SP, dez. 1982.
 (b) VILLANI, A. et alii. Concepção espontânea sobre movimento. Publicações IFUSP, p. 488, SP, set. 1984.
 (c) PACCA, J.L. et alii. Conceitos intuitivos e conteúdos formais de Física: considerações. Publicações IFUSP, p. 390, SP, mar. 1983.
7. MINSTRELL, J. Explaining the "at rest" condition of an object. Phys. Teach., 20(1), p. 10-4, 1982.
8. FLESHNER, E.A. O domínio de alguns conceitos em Física pelas crianças. Educational Psychology. Trad. Benedito Carneiro. Jornal do 363, 4, IFUSP, 1975.
9. BROUWER, W. Física problematizadora: uma abordagem conceitual. Am. J. Phys., 52(7), p. 602-7, 1984.
- 10 (a) McDERMOTT, L.C. & TROWBRIDGE, D.E. Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. Am. J. Phys., 49(3), p. 242-53, 1981.
 (b) McDERMOTT, L.C. & TROWBRIDGE, D.E. Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. Am. J. Phys., 48(12), p.1020-8, 1980.
11. HEWSON, P. Microcomputers and conceptual change: the use of microcomputer program to diagnose and remediate conception of speed. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Quebec, Canada, 1983.
12. ZYLBERZSTAJN, A. A conceptual framework for science education: the case study of force and movement. Eur. J. Sci. Educ., 7(2), p. 107-20, 1985.

13. FERREIRO, E. Reflexões sobre alfabetização. Trad. por Horácio Gonzales et alii. São Paulo: Cortez, 1985.
14. OGBORN, J. Understanding students' understandings: an example from dynamics. Eur. J. Sci. Educ., 7(2), p.141-50, 1985.
15. Ver citação feita à 8ª página deste artigo.
 - (a) PIAGET, J. & GARCIA, R. Las explicaciones causales. Trad. Elena R. Póliza. Barcelona: Barral, 1971.
 - (b) PIAGET, J. A construção do real na criança. Trad. Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

PIAGET, J. A equilibração das estruturas cognitivas - problema central do desenvolvimento. Trad. Marion Y. S. Penna. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, J. A formação do símbolo na criança - imitação jogo e sonho, imagem e representação. Trad. Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.
 - (c) GARCIA, R. The knowledge of the physical world in Piaget's theory. Europhysics Educ. News, 6, p. 9-16, 1978.
 - (d) RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. Causalidade e operações em Piaget Rev. Ciênc. e Fil., 1, p.73-83.
 - (e) RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. Em busca do sentido da obra de Jean Piaget. São Paulo: Ática, 1984.