

Uma descrição da forma do pensamento dos alunos em sala de aula

Carlos Eduardo Laburu

Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brazil

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil

Trabalho recebido em 29 de novembro de 1994

Abstract

The objective of this article is to demonstrate the possibility to use together a particular reading of some concepts of Piaget's theory and change conceptual model to describe students' thinking form in a real class room teaching-learning environment. We are interested to describe that development in moments of conflict. Likewise, this work suggest the teacher with analitical instrument to comprehend the dinamic of the knowledge during the class.

1. Introdução

Algumas das preocupações recentes das pesquisas em ensino de física encaminham-se no sentido de estabelecer uma estrutura empírica dos resultados das compreensões dos estudantes no ambiente de sala de aula, assim como, especificar os modelos teóricos que se mostrem mais convenientes dentro deste objetivo (NI-EDDERER, GOLDBERG E DUIT, 1992). Motivados por estas preocupações procuramos, neste trabalho, demonstrar a possibilidade de elaborar uma descrição do desenvolvimento do pensamento dos alunos em situação real de sala de aula. Para isso, fomos buscar nas idéias centrais do modelo de equilíbrio piagetiano e do modelo de mudança conceitual os instrumentos conceituais que satisfizessem esse objetivo.

Nesse sentido, primeiramente, a nossa intenção fazer uma leitura dessas idéias do modelo piagetiano, adaptando-as as particularidades da sala de aula. Auxiliados por essa leitura, mostraremos que é possível descrever e organizar a forma de pensar dos alunos. Em seguida, trataremos de empregar, também, algumas idéias fundamentais do modelo de mudança conceitual para analisar e assim compreender a organização con-

duzida pela leitura prévia piagetiana.

O momento escolhido para essa descrição é aquele em que, durante uma aula, os alunos se vêem frente a situações conflitivas. A apresentação do resultado de um desses momentos derivou-se de uma pesquisa prévia (LABURU, 1993), onde, conteúdos de física, escolas, professores e alunos puderam ser variados, mostrando a natureza geral dos resultados aqui exibidos.

O nosso objetivo último na apresentação desta proposta é o de sugerir um instrumental para o professor que lhe dê condições de parametrizar e compreender o desenvolvimento do pensamento dos seus alunos.

Os modelos de equilíbrio e de mudança conceitual

Inicialmente é preciso enfatizar que trataremos a teoria piagetiana a partir do seu eixo funcionalista (ROWELL, 1983, 1989; DYKSTRA, 1992), em que a preocupação básica se encontra direcionada para os mecanismos cognitivos, e não para o seu eixo estruturalista mais conhecido dos estágios.

No que se refere à teoria piagetiana, a idéia central de desenvolvimento cognitivo (PIAGET, 1977) é

a de que o conhecimento passa por sucessivas construções, com reelaborações constantes de novas estruturas lógico-conceituais, recorrendo a um processo central de equilíbrio. Tal processo conduz, de certos estados de equilíbrio aproximado, a outros qualitativamente diferentes, passando por múltiplos desequilíbrios e reequilíbrios. Piaget encara o sistema cognitivo como um sistema aberto, porquanto permite trocas com o meio externo. Dessa forma, procura destacar a importante tendência daquele sistema para o equilíbrio, na medida em que ele interage com o ambiente. Dada uma situação externa ao sistema cognitivo, este tende a incorporar as variantes ambientais externas.

O sistema cognitivo ao precisar, portanto, satisfazer uma necessidade - por exemplo, intelectual - age de forma a seguir normas (teorias) previamente construídas. Contudo, como muitas vezes ocorre, o ambiente cria dificuldades, resistindo às previsões realizadas sobre ele. Essas recalitrâncias do ambiente atuam como perturbações no sistema, desequilibrando-o; aqui uma *contradição* é gerada¹. A fim de que o sistema satisfaça a sua necessidade prévia, é preciso que a perturbação seja incorporada ao mesmo, ou seja, procure *compensá-la*². Para que isso aconteça o sistema cognitivo deve reorganizar as suas estruturas lógico-conceituais de modo que o ambiente externo seja novamente previsível. Piaget coloca que tal procedimento é reequilibrante, porém, *equilibrante majorante* (PIAGET, 1977 p.9), posto que uma nova situação de equilíbrio é sempre superior ao estado de equilíbrio anterior. As estruturas lógico-conceituais construídas são mais poderosas do que aquelas que lhe antecederam, dando conta não só das condições prévias como das novas.

Ao estabelecer uma circunstância conflitiva a teoria piagetiana estabelece que o comportamento da organização mental orienta-se seguindo três fases ou formas compensatórias, necessárias à superação do elemento perturbativo (Piaget, 1977 p.85):

- Um comportamento alfa, no qual prevalece a tentativa de

neutralizar a perturbação, considerando-a anômala, não lhe atribuindo importância, ou deformando-a para não reconhecê-la como perturbação. Esta maneira de restaurar o equilíbrio só é parcialmente compensadora e o equilíbrio é, pois, frágil e instável e será facilmente perturbado.

- Um segundo comportamento, chamado beta por Piaget, busca integrar a perturbação ao sistema, sem ignorá-la, mas cria teorias específicas para explicá-la. O sistema começa a ser modificado até atingir um novo equilíbrio no qual os distúrbios aparecem como variações da própria estrutura reorganizada. Aqui se procura preservar o que é possível do conhecimento anterior enquanto há a apropriação do variante perturbativo.

- A reorganização iniciada em beta é completada no comportamento gama que consiste em antecipar por previsão ou dedução as variações possíveis. Elimina-se assim a perturbação como tal, inserindo-a no sistema já devidamente transformado para contê-la como mais uma possibilidade e não mais como distúrbio.

Como se observa as perturbações são compensadas por essas três formas, caracterizando uma sucessão de *mecanismos compensadores* (PIAGET, 1977, p. 89), que nos fazem compreender o processo de equilíbrio do sistema cognitivo. Temos como resultado, no que se refere ao seu funcionamento, a evolução desse sistema através dos seus mecanismos de compensação alfa até gama, disparados no momento em que se origina uma insuficiência de um equilíbrio inicial responsável pelo conflito daquele sistema.

Em suma, para Piaget deve-se buscar a construção do conhecimento e, conseqüentemente, a fonte real do seu progresso, primeiramente, no desequilíbrio e, em seguida, no reequilíbrio (equilíbrio majorante) do sistema cognitivo.

O outro modelo que nos deve ajudar no objetivo deste trabalho refere-se ao modelo de mudança conceitual. Este modelo admite o aprendiz como o construtor, o arquiteto do seu conhecimento. Nesse panorama Dri-

¹ Para Piaget (1978) a contradição "é a expressão de desequilíbrios inicialmente inevitáveis devido à falta de ajustamento recíproco entre fatores positivos e negativos da realidade".

² A compensação para Piaget (1977), p.40 "é uma reação de sentido contrário a um efeito". Ou seja, é o resultado de um mecanismo cognitivo - regulação - que tem por finalidade se opor às perturbações, anulando-as. Ela se traduz em três comportamentos ou procedimentos como ver-se-á em seguida no texto.

ver (1989) coloca o aprendiz como o edificador de representações mentais do mundo em torno de si, utilizando-se delas para interpretar novas situações e guiar suas ações. Essas representações são vistas como se estivessem ajustando-se ao empírico e então, aprender é considerado um processo adaptativo, no qual os esquemas conceituais dos sujeitos vão se alargando para abranger um maior domínio de experiências e idéias.

A primeira consequência direta desse pensamento, corroborada por diversas pesquisas (como exemplos: VIENNOT, 1979; HEWSON, 1981; WATTS E ZYLBERSTAJN, 1981; CLEMENT, 1982), é de que o aprendiz observa carregado de pré-concepções. Estas, muitas vezes, são mais recalcitrantes às mudanças do que as cientificamente impostas para substituí-las. Esses estudos, assim como outros, mostraram que tanto antes, como após a instrução, os estudantes mantêm um surpreendente campo de idéias, muitas das quais conflitivas, geralmente menos consistentes, menos precisas, situadas mais dentro de um contexto específico do que as explicações aceitas, participantes de uma epistemologia "débil" (HEWSON E HEWSON, 1988; HEWSON, 1990; DREYFUS ET AL. 1990). Tendo os estudantes construído um conhecimento - não totalmente idiossincrático, pois há influência pela comunicação com outros indivíduos - este se torna útil e coerente para eles, mostrando um padrão estável de crenças: logo, como foi dito, resistente a mudanças. Parece claro, assim, que para os estudantes, as pré-concepções se transformam num impedimento para a aquisição dos conceitos científicos.

Imediatamente, o que se coloca para esse modelo é a necessidade de promover uma mudança conceitual quando do ensino-aprendizagem. Para isso é preciso que se entenda os parâmetros envolvidos com a mudança conceitual a fim de se favorecer a transformação das concepções prévias do aprendiz em direção dos conceitos científicos.

Posner et al. (1982) propõem quatro situações, cuja condição deve ser satisfeita para uma nova e melhor concepção suplantar uma outra menos apropriada. Situações definidas por: insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade e frutificação. São estas as definições dos

autores para as quatro situações:

Insatisfação: condição na qual os conceitos dos estudantes sofrem mudanças, no momento em que esses conceitos geram um conjunto de enigmas ou anomalias não resolvidas.

Inteligibilidade: condição na qual o indivíduo compreende a sintaxe, o modo de expressão, o significado, o sentido, os termos os símbolos utilizados pela nova concepção. Requer, também, construir e identificar representações, imagens e proposições coerentes, internamente consistentes e inter-relacionadas, sem contudo, acreditar necessariamente que elas sejam verdadeiras.

Plausibilidade: condição na qual os novos conceitos adotados são, pelo menos, capazes de resolver os problemas gerados pela concepção predecessora. Desta condição resulta, ainda, a relação de consistência dos conceitos aceitos para com outros conhecimentos (ecologia conceitual) correlatos, assumindo pelo sujeito. O indivíduo, conseqüentemente, acredita que os novos conceitos são verdadeiros.

Frutificação: condição que abre a possibilidade de que novos conceitos sejam estendidos a outros domínios, revelando novas áreas de questionamento.

Ligada a estas quatro condições diretoras de uma mudança conceitual junta-se a componente denominada ecologia conceitual, que provê o contexto no qual a mudança conceitual ocorre. A natureza desta ecologia conceitual é indicadora de que a compreensão do indivíduo é reultante de uma base conceitual coerente, lastreada nos seguintes elementos:

Anomalia: determina a importância dos problemas surgidos numa determinada idéia.

Analogia e Metáforas: servem para sugerir novas idéias e fazê-las inteligíveis.

Compromissos Epistemológicos: compromissos com elegância, economia, parcimônia, com a consistência interna e a generalização no julgar um conhecimento (Hewson, 1985).

Conceitos e Crenças Metafísicas: crença na existência de uma ordem e simetria do universo, relações entre a experiência diária e a ciência, crença na natureza última do universo.

Outros conhecimentos: conhecimentos em outros campos e que o novo conceito seja mais promissor do que os seus competidores.

Desse modo, esses cinco elementos permeiam as quatro situações acima, formando um *meio ambiente intelectual atuante, semelhante a um nicho ecológico. Ambiente no qual as pessoas vivem (incluindo crenças culturais, linguagem, teorias aceitas, fatos e eventos), favorecendo certos conceitos e inibindo outros*" (HEWSON, 1985).

Enquanto, para Posner et al. (1982) as situações da satisfação, inteligibilidade, plausibilidade e frutibilidade dão os alicerces essenciais para se compreender o desenvolvimento efetivo de um conceito pelo indivíduo. Hewson (1985), Hewson e Thorley (1989) entendem também como prioritário à mudança conceitual, a tomada de consciência pelo aprendiz do "status" ostentado por essas situações. De forma que o monitoramento dessa troca de "status", na passagem para uma nova concepção, se faça perceber pelo estudante através de sentimentos, opiniões, atitudes e reflexões frente às suas concepções. Assim, na medida em que as concepções previamente construídas pelo sujeito se mostram estáveis, no sentido de interpretarem convenientemente o real, pode-se afirmar que essa estabilidade é fruto do "status" elevado apresentado pelas quatro situações, isto é, as concepções prévias são muito satisfatórias, inteligíveis, plausíveis e frutíferas para o aprendiz. A mudança conceitual na direção dos conceitos científicos somente se dá de uma forma desejada quando houver o rebaixamento do "status" das quatro situações anteriores em relação as concepções prévias e, concomitantemente, uma elevação do "status" das concepções científicas.

Metodologia

A metodologia utilizada por esta pesquisa baseia-se na análise qualitativa dos discursos de alunos quando em situação de uma aula, ministrada, respectivamente, por um professor.

O registro dos dados se deu por meio de uma câmera de vídeo. Posteriormente, procedeu-se à transcrição

³Ver definição mais abaixo.

desses dados para serem analisados. O tempo de filmagem equivaleu ao tempo de uma aula completa de 50 minutos: contudo, os dados de interesse representaram somente determinados momentos da aula.

Os alunos pertenciam à rede pública da cidade de São Paulo e frequentavam o 2º ano do 2º grau do curso noturno, com idade média de 18 anos.

O conteúdo era termologia, especificamente, equilíbrio térmico e condução térmica. Os alunos já vinham estudando esse conteúdo, porém, na décima nona aula, que foi a registrada, o professor objetivava rediscutir, organizar observar a aprendizagem efetivada do conteúdo apresentado nas aulas anteriores.

Estruturação dos dados filmados

A organização dos dados é realizada da seguinte forma. Primeiramente, na medida em que a aula vai se desenvolvendo, as falas dos alunos vão sendo classificadas em compensações (Alfa, Beta e Gama), a partir do surgimento de uma Potencial Perturbação³. Essa Potencial Perturbação é identificada pelo pesquisador no momento em que o professor questiona diretamente os alunos, mostrando que há um raciocínio contraditório numa determinada argumentação; semelhante atitude, quando tomada pelos próprios alunos entre si, também será assim identificada.

Logo, essa primeira classificação organiza sequencialmente os raciocínios dos alunos, a partir da tentativa de perturbação, conforme vão demonstrando resistência em admiti-la (compensação alfa) ou, quando começam a passar a aceitá-la em parte, em razão do domínio de alguns novos conceitos (compensação beta) ou, ainda, quando há indicações de que o novo conceito elimina a perturbação como tal, demonstrando a aprendizagem haver sido conduzida satisfatoriamente (compensação gama).

Em seguida, e após as falas dos alunos estarem dispostas segundo a classificação acima, é empregada as componentes de Posner et al. (1982) de inteligibilidade, plausibilidade e frutibilidade para estudar o "status" de cada compensação. Em outras palavras, essas três

componentes oportunizam uma análise de cada compensação e conseqüentemente, através delas, justifica-se porque um aluno procura manter uma compensação em detrimento de outra.

É importante destacar que os conceitos relacionados às três compensações piagetianas e componentes de Posner et al.(1982), mantêm em sua essência as interpretações sintetizadas e definidas na formulação teórica dos dois modelos que a eles lhes correspondem. No entanto, especificamente para os conceitos de compensação piagetianos, deve ser lembrado que se está fazendo uma leitura adaptada para o contexto de sala de aula. Assim, há um afastamento necessário desses conceitos na medida em que eles se mostram insuficientes para interpretar a dinâmica das idéias dos alunos em ação.

É preciso ressaltar que a estrutura descritiva perturbações-compensações está definida dentro de um momento delimitado do processo de ensino-aprendizagem ocorrido: aquele em que situações conflitivas são instigadas. Na prática, elas podem ser potencialmente produzidas por meio da geração de enigmas, contradições, problemas e anomalias. Porém, não está garantida que a perturbação seja assim considerada pelo estudante observado.

Desse modo, definimos uma POTENCIAL PERTURBAÇÃO como sendo uma situação (empírica ou conceitual) enfrentada pelo aluno em que sua rede conceitual seja insuficiente para compreendê-la: isto do ponto de vista do observador externo. A natureza, "a priori", da perturbação, nesse ponto de vista, a de ser um elemento não integrável dentro de um esquema conceitual prévio "generalizável e consistente" (mesmo que o seja parcialmente) do aluno. Logo, apresenta-se com um elemento inconsistente dentro de uma rede conceitual⁴. Da mesma forma, também é necessário enfatizar que para o observador externo não há segurança de que o sujeito observado se encontrasse ou que se conserve numa determinada compensação e, na maioria dos casos, que um aluno sofreu um desequilíbrio e alcançou uma reequilibração majorante - no sentido de se observar uma evolução através das compensações

durante o episódio de ensino-aprendizagem. O que se pode assegurar para quaisquer casos é que, no instante observado, o sujeito comportou-se de acordo com a compensação especificada pelo observador. Portanto, estamos conscientes da restrição das análises que se seguem por não caracterizarem todo um processo, mas, tão somente, instantes de observação, limitados pela própria metodologia empregada.

Em nossas análises, o que primeiro definirá e posicionará a idéia do sujeito nas compensações, será a sua consideração (ou não) da perturbação, isto é, se o sujeito leva em conta (ou não) o elemento perturbador em suas ponderações e se esse elemento, do ponto de vista do observador, é consistente ou integrável às concepções prévias dos estudantes. Contudo, para efeitos práticos, convencionaremos como compensação beta sempre que houver uma aparente aceitação imediata do elemento perturbador pelo aprendiz - condição necessária à promoção inicial da transição dessa compensação - apesar de haver, ainda, uma forte indicação de que os conceitos prévios do sujeito se mantenham bem estabelecidos.

A partir dos discursos dos alunos organizados em compensações faremos uma análise destas tendo como referencial as quatro condições de Posner et al.(1982), as quais denominaremos de ELEMENTOS (de inteligibilidade, de plausibilidade e de frutibilidade). Tal denominação se dá em função da nossa determinação em buscar, nos discursos dos alunos já classificados nas compensações, os elementos conceituais, argumentativos ou expressivos - que indiquem e justifiquem a manutenção de uma compensação. Por exemplo, elementos de inteligibilidade, seriam aqueles momentos do discurso que tentam explorar uma idéia, uma concepção alternativa. etc.. ou, no caso dos elementos de frutibilidade, podemos determiná-los, apontando as afirmações e exemplos extras, buscados em diversos contextos cujo fim é corroborar, defender e assegurar uma argumentação, logo, preservando os conceitos originais. Os elementos de plausibilidade, vão ser indicados pelas expressões do aluno que demonstram atitudes, opiniões e sentimentos que exprimem a crença, ou não,

⁴Para Piaget (1977, p.217) "uma perturbação é apenas um obstáculo que impede uma assimilação.

em uma idéia, a fim de salvaguardar uma compensação. Para exemplificar: "... é difícil de imaginar... é difícil de pensar... eu poderia imaginar... eles são supostos... eu estou satisfeito com... aquilo faz sentido para mim... eu entendo... eu não posso dizer que aquilo não seja verdade... parece natural... eu digo que aquilo realmente não significa muito... aquilo poderia não estar certo..." (HEWSON AND THORLEY, 1989).

Apresentação e Análise de Dados

A apresentação dos dados segue a sequência temporal em que ocorreram naturalmente. Designamos o símbolo (P) para as falas do professor e (A) para as falas do aluno(a). Na frente desses símbolos mostra-se o tempo em segundos, decorrido a partir do momento em que a primeira tentativa de perturbação ocorre. A fim de tornar claro determinadas falas o observador as esclarece entre parênteses.

Apesar do registro da aula ter sido integral (50 minutos) apresentamos abaixo alguns instantes dos 10 minutos finais que se tornaram de nosso interesse.

As falas estruturadas em compensações

As condições iniciais da sala de aula são as seguintes: O professor inicia uma discussão tentando explorar e explicitar as possíveis concepções alternativas sobre calor e temperatura (ERICKSON, 1979; 1980) dos seus alunos. Uma concepção levantada é a que afirma haver temperaturas diferentes em distintos materiais, mesmo estando estes materiais numa provável situação de equilíbrio térmico, como é o caso exemplificado pelos materiais presentes na sala de aula. A referida concepção surge do reconhecimento de que distintos materiais a iguais temperaturas demonstram sensações diferentes de quente e frio. As idéias dos alunos sobre a temperatura dos objetos na sala de aula oscilam entre as que concebem as temperaturas como iguais e aquelas que as entendem como diferentes.

O conceito de equilíbrio térmico já havia sido estudado anteriormente no curso e a aula analisada pretendia introduzir o conceito de condução térmica.

No desenrolar do processo de ensino-aprendizagem decorrido durante a sala de aula o professor procurou

observar, mais de uma vez, se as concepções prévias haviam ou não sido modificadas. Em função da constatação dessa variedade de pensamentos o professor propõe a seguinte pergunta:

Potencial Perturbação 1

P 00" "Se existe temperaturas diferentes, quer dizer, se essa (caneta) está quente outro (material) está frio, o ferro (da cadeira) tá mais frio, a cadeira está mais quente, por que não igualou, então, se existe equilíbrio térmico?"

A pergunta do professor procura tornar evidente a construção por aqueles alunos de duas idéias independentes e contraditórias: a concepção alternativa estabelecendo que objetos à temperatura ambiente podem apresentar temperaturas diferentes e o conceito do equilíbrio térmico estudado em aulas anteriores.

A4 10" "Depende da matéria" (As temperaturas dos materiais são diferentes, pois cada objeto é constituído por materiais distintos). (COMPENSAÇÃO ALFA)

A2 12" "Depende de cada matéria". (COMPENSAÇÃO ALFA)

As falas estão classificadas como compensação alfa por justificarem o porquê de não se ter igualado a temperatura da madeira da cadeira à do ferro da cadeira (P 00"). Estas justificativas procuram identificar no tipo de material um argumento para não se aceitar a perturbação e, conseqüentemente, articular a concepção do não equilíbrio térmico. Desse modo, entendemos que houve uma "recusa" dos alunos A4 e A2 na pretendida intenção do professor de fazê-los ver a contradição (P 00").

A4 18" "Eu acho que depende muito de cada objeto de absorver o calor. Então, a temperatura é a mesma, mas depende da matéria prima, entendeu?" (COMPENSAÇÃO BETA)

A fala é classificada como compensação beta em função de haver, pelo menos, uma primeira tentativa de aceitação da perturbação - "a temperatura é a mesma". No entanto, na fala aparece a idéia de que a temperatura pode depender do tipo do objeto ("matéria prima"

ou do material como A4 10"). Há, portanto, uma tentativa muito instável de A4 (A4 10" e A4 18") de conciliar dois esquemas conceituais antagônicos.

Potencial Perturbação 2

P 37" "Mas, por que não está igual então (a temperatura)? Se uma tem temperatura mais quente do que a outra, tão em contato, por que não igualou já?".

O professor procura novamente a contradição, pois entende que os alunos admitem (aprenderam) satisfatoriamente o conceito de equilíbrio térmico.

A7 45" "Um (material) absorve mais calor do que a outra (material)". (COMPENSAÇÃO ALFA)

Mantém-se a idéia de que a absorção de calor depende do material e que, em razão disso, os objetos podem apresentar distintas temperaturas, mesmo estando na mesma temperatura ambiente (sala de aula).

A2 66" "Vamos supor uma lâmpada. A calor lá em cima (na lâmpada) tá enorme, aqui em baixo é uma temperatura lá em cima é outra. Se você chegar lá perto da lâmpada, vai notar que está mais quente do que aqui em baixo". (COMPENSAÇÃO ALFA)

A1 83" "Ela (a lâmpada acesa da sala) está no ambiente só que numa temperatura diferente, então a temperatura (da lâmpada) não é igual a ambiente." (COMPENSAÇÃO ALFA)

As duas falas procuram articular o esquema conceitual do não equilíbrio térmico, utilizando-se do fato empírico de que há objetos na sala de aula com diferentes temperaturas. O uso deste fato é um recurso que visa buscar exemplos que corroborem aquele esquema conceitual.

Potencial Perturbação 3

P 156" "E chegamos no seguinte consenso. Existe uma temperatura ambiente que basicamente é a temperatura do ar. E outras coisas na sala têm temperatura um pouquinho maior e um pouquinho menor. Mas, ninguém até agora respondeu à minha pergunta: se existe uma diferença de temperatura entre as coisas aqui dentro (sala) por que não

igualou até agora? Não tem que igualar, não é equilíbrio térmico?".

O professor esforça-se para que seus alunos tomem consciência de que é contraditória a afirmação simultânea do conceito de equilíbrio térmico e da possibilidade de existirem objetos com diferentes temperaturas na sala de aula.

A3 172" "Porque não está mantendo contato (entre os materiais)". (COMPENSAÇÃO ALFA)

A2 183" "Não pode (ser) a matéria prima, coisa assim"? (COMPENSAÇÃO ALFA)

Idem A4 10" e A2 12". As falas persistem nas idéias que estabelecem o não equilíbrio térmico.

A1 312" "Posso tentar explicar professor? O ferro está absorvendo calor (da mão que estiver em contato) e tá mandando de volta. O calor que ele está recebendo ele tá pondo pra fora como se ele estivesse recebendo e já mandando pra fora. Por isso que ele fica na temperatura assim, dá a impressão que ele tá na temperatura assim (diferente). Dá a impressão de ele tá numa temperatura menor, mas acho que ele está na temperatura ambiente". (COMPENSAÇÃO ALFA)

Classifica-se esta fala como compensação gama por haver, neste momento, a indicação de que a perturbação deixou de ser um elemento contraditório para este aluno(a). A perturbação pode ser agora considerada absorvida e integrada ao esquema conceitual do equilíbrio térmico de A1, pois o esquema conceitual da "condutividade térmica", necessário compreensão daquele primeiro esquema, encontra-se a ele relacionado. A1 concebe que em função do ferro ser um bom condutor de calor, quando este entra em contato com a mão, dá a sensação de estar numa temperatura distinta (ver as outras falas de A1 abaixo que sustentam esta classificação).

- Não é demais lembrar que durante as falas aqui explicitadas está se processando normalmente o ensino, assim sendo, os aprendizes podem contar com variadas informações, tanto do professor como de seus pares, para ultrapassarem as incoerências levantadas.

- Termina a aula e os alunos A1, A4, e A3 conversam com o professor em particular, debatendo com ele entre si.

A1 823 "Não! É só impressão! A temperatura ambiente não é a mesma? Tudo que está nesta sala a temperatura é a mesma, tá certo ou não? Se a temperatura ambiente for 25°C este aqui (madeira) vai estar a 25 graus, este aqui (ferro) vai estar com 25 graus, eu vou ter com, não, eu sou caso à parte como o senhor disse, a temperatura é 37°C. Tudo que tiver na classe a temperatura é 25 graus, está certo isso? (COMPENSAÇÃO ALFA)

A fala demonstra categoricamente (o que parece não ter sido feito com tanta ênfase na fala A1 312") a convicção de A1 para com o esquema conceitual ensinado ("como o senhor disse") do equilíbrio térmico. Vê-se que existe diferenciação entre a "impressão" de haver temperaturas diferentes - devido a condutividade térmica (A1 312") - , e a conclusão de que os corpos estão a mesma temperatura.

A4 842 "Só que tem uma coisa. Se você medir no seu corpo, se você medir a temperatura de tua boca, vai dar uma, se você medir (faz gestos como se estivesse medindo debaixo do braço) vai dar outra" (COMPENSAÇÃO ALFA)

Esta fala mostra a determinação em se manter o esquema conceitual do não equilíbrio térmico, ao reportar-se ao exemplo do corpo humano como contra-exemplo do esquema conceitual rival dado pelo equilíbrio térmico. Assim procedendo, A4 assegura fatos favoráveis ao primeiro esquema, rejeitando mais uma vez a perturbação. Para A4 falta-lhe a condição da não presença de fontes de calor para que o esquema conceitual do equilíbrio térmico lhe torne satisfatório.

A1 847 "Mas qu (o corpo) tenho, foi o que ele (professor) falou. É a mesma coisa que uma lâmpada (acesa) (A1 replica A4 acima)" (COMPENSAÇÃO ALFA)

A fala realça o compromisso de A1 para com o conceito de equilíbrio térmico estimulado pelo professor. Vemos que A1 contrapõe-se ao contra-exemplo do corpo humano de A4 842", dando conta deste. Ao referir-se à lâmpada acesa. A1 garante ter aprendido

o conceito que determina que, numa dada situação de equilíbrio térmico, as fontes de calor estejam impedidas de aí comparecerem (ver também falas de A1 879" e A1 890"). Logo, com esse conceito, mais o de condutividade térmica (ver A1 312"), pode-se garantir que A1 compreende convenientemente o conceito de equilíbrio térmico. Consequentemente, a compensação gama está estabelecida, pois, como demonstra a fala, a perturbação deixou de existir, tornando-se inferível e dedutível dos esquemas conceituais de A1.

A4 852 "Tudo bem, eu tô dando um exemplo pra você. No seu corpo você encontra temperaturas diferentes, no seu corpo, mas no ambiente eu acho que encontra..." (COMPENSAÇÃO ALFA)

A4 855 "Mas, você encontra, então no meio ambiente vai ter coisas diferentes (a diferentes temperaturas)" (COMPENSAÇÃO ALFA)

Nestas falas, mais explicitamente na última, observa-se que a perturbação está longe de ser aceita e que o esquema conceitual do não equilíbrio térmico para A4 lhe é bem convincente.

A1 860 "Não pode ter, porque tem um negócio a temperatura a 30 e um negócio com a temperatura a 15 o que eles vão fazer? Eles vão se unir (trocar calor) e vão ficar numa temperatura só" (COMPENSAÇÃO ALFA)

Idem A1 847

A4 871 "Igual numa geladeira. Por exemplo, no congelador. A geladeira em geral tá na mesma temperatura, mas se você colocar um termômetro no congelador vai dar uma temperatura diferente" (COMPENSAÇÃO ALFA)

Nesta fala há mais um exemplo frutífero a favor do esquema conceitual do não equilíbrio térmico. O fato da geladeira apresentar em seu interior ambientes com diferentes temperaturas, corrobora o esquema anterior e, portanto, este fato serve de contra-exemplo ao esquema do equilíbrio térmico que lhe contrapõe.

No entanto, como se vê nas falas de A1 879" e A1 890" abaixo, o contra-exemplo não é aceito para o esquema conceitual do equilíbrio térmico de A1, pois para esse esquema o contra-exemplo foge da situação que condiciona o equilíbrio térmico (são fontes de energia).

Al 879" "Mas, não tá na mesma temperatura. Ele (congelador) tá às portas fechadas, com, com, como é que se diz professor (aponta para a lâmpada) esse negócio que tá mandando energia". (COMPENSAÇÃO ALFA)

Al 890" "Fonte de calor, fonte de energia. Tá mandando energia pro "freezer" pra ele congelar, retira. Não tem um negócio que tá mandando energia pra ele ficar congelado? Um gás que se congela mais rápido do que ..." (faz a pergunta para o professor que afirma positivamente). (COMPENSAÇÃO ALFA)

Finaliza-se a aula quando o professor dá várias explicações e exemplos para A4 que no final admite, um tanto forçosamente (sem muita convicção), a igualdade das temperaturas. Fim da gravação e da aula.

Análise das Compensações

O episódio demonstra ter A1 sofrido um desequilíbrio e uma reequilibração real, o que se pode perceber através das suas falas categóricas, durante a compensação alfa e nas posteriores compensações gama.

Podemos constatar a posição conflitiva inicial em que se encontra A4. O aluno(a) parece exibir, em A4 10" e em A4 18", tentativas para conciliar a sua concepção alternativa - de que objetos diferentes podem apresentar temperaturas diferentes - com a concepção do equilíbrio térmico instigada pelo professor. Em função deste conflito, A4 muda da compensação beta (A4 18") regressando para alfa novamente (A4 847", A4 852", A4 855" e A4 871"): característica típica da instabilidade da compensação beta.

1) Compensação alfa

a) Elementos de Inteligibilidade

Nesta compensação há elaborações no sentido de defender-se o esquema conceitual alternativo do não equilíbrio térmico. Atraídos pela idéia (inclusive reforçada pelo ensino ministrado anteriormente do conceito de calor específico) de que objetos diferentes absorvem calor em quantidades diferentes, os sujeitos concluem que os objetos com maior "capacidade de absorção de calor" devem apresentar sempre maior tem-

peratura, mesmo quando estão em equilíbrio (no ambiente) - o que mostra ainda uma indiferenciação entre calor e temperatura (ERICKSON, 1979; 1980). Isto pode ser visto em A4 10", A2 12", A7 45", A4 855" e em A3 172". Neste último, existe o emprego do argumento de que, por não estarem os objetos em contato, há uma justificativa para a constatação (sensorial) da desigualdade das temperaturas.

b) Elementos de Plausibilidade

Não determinados pelas falas.

c) Elementos de Frutibilidade

Verifica-se a utilização de fatos empíricos para sustentar o esquema ligado à compensação alfa, isto é, de que podem existir objetos no ambiente com diferentes temperaturas:

- Al 83" que toma o exemplo da lâmpada acesa na sala de aula.

- A4 842" que diz haver temperaturas diferentes até num mesmo objeto, quando observa o fato do corpo humano apresentar diversas temperaturas.

- A4 871" que faz a mesma afirmação anterior para o caso de uma geladeira.

2) Compensação Beta

a) Elementos de Inteligibilidade

Dados insuficientes.

b) Elementos de Plausibilidade

- Al 18" "Eu acho que depende muito...mas depende... entendeu?"

c) Elementos de Frutibilidade

Dados insuficientes.

3) Compensação Gama

a) Elementos de Inteligibilidade

Em Al 823" e Al 860" o esquema conceitual do equilíbrio térmico manifesta-se compreendido (aprendido). Isto pode ser visto na medida em que A1 ordena este esquema com o da condutividade térmica (A1 312") e com o esquema conceitual que impossibilita a existência de fontes de calor quando do equilíbrio

térmico (A1 879" e A1 890") - condições suficientes à compreensão do conceito de equilíbrio. Essa coordenação continua a ser reconhecida quando das constatações dos contra-exemplos, colocados por A4. Vemos em A1 847" que se propõe a réplica da questão das diferentes temperaturas do corpo humano e, em seguida, em A1 879" que se contrapõe à idéia de que existem diferentes temperaturas na geladeira.

b) Elementos de Plausibilidade

- A1 312" "Posso tentar explicar... Por isso que... Dá a impressão...mas acho que..."
- A1 823" "Não, é só impressão!... como o senhor (professor) disse..."
- A1 847" "... foi o que ele (professor) falou".
- A1 860" "Não pode ter..."

c) Elementos de Frutibilidade

Em A1 823" vê-se o emprego dos exemplos dos objetos de ferro e de madeira: em A1 847" percebe-se que há compreensão no trato dos contra-exemplos do corpo humano e da lâmpada acesa: em A1 879" há entendimento na resolução do contra-exemplo da geladeira. Todos estes exemplos fazem ver os elementos de frutibilidade que caracterizam a compensação.

Conclusões

Este trabalho demonstra que é factível descrever o desenvolvimento do pensamento dos estudantes durante a construção do seus conhecimentos quando estes se encontram normalmente submetidos a uma situação regular de sala de aula. Constata-se que a estrutura das compensações, apropriada do modelo piagetiano e reinterpretada para ser aplicada na sala de aula, oportuniza uma leitura do desenvolvimento acima, servindo como uma estrutura geral dos eventos intelectuais acontecidos na sala de aula. Da mesma forma, as componentes de Posner et al. (1982) favorecem uma análise mais refinada da estrutura anterior, possibilitando compreender não só as razões que levam as compensações a se estruturarem desse modo como, também, por extensão, esclarecem porque determinados conflitos são ineficazes e insuficientes: vê-se que essa ineficácia e insuficiência pode ser entendida em função do "status" (visto por

meio dos elementos de inteligibilidade, plausibilidade e frutibilidade) estabelecido pelas concepções durante as compensações alfa, assim como, por outro lado, o "status" dos conceitos que se encontram inerentes às compensações gama determina que a perturbação não seja mais dessa forma considerada, tornando-se dedutível e previsível. Pela análise dos discursos observa-se que, enquanto determinados conceitos prévios se mostram "imperturbáveis" em razão de apresentarem um elevado "status" em relação aos que se quer ensinar, o comportamento dos alunos é o de manter a compensação alfa como forma de seus pensamentos.

Uma questão que, portanto, deve caber ao professor é a de tentar promover a elevação do "status" dos conceitos científicos, procurando instigar a insatisfação dos aprendizes (o que poderia ser feito servindo-se de variadas perturbações) com os seus conceitos prévios, relevando, concomitantemente, a inteligibilidade - plausibilidade frutibilidade dos conceitos científicos. Com isso, espera-se obter um aumento de comportamentos de alunos que se inclinam na direção da compensação gama em suas formas de pensar.

Não é demais apontar que a proposta deste trabalho e as análises por ele encaminhadas, somente se revelam compatíveis quando são respeitadas as condições mínimas de um ensino dito construtivista, ou seja, o professor deve favorecer problemas ou questões conflitivas, estimular os aprendizes a desenvolver e a elaborar livremente as suas próprias idéias oportunizar o debate e o confronto das mesmas.

No entanto, deve ser ainda lembrado que a construção do conhecimento se insere dentro de um longo e extenso processo de aprendizagem. A sala de aula e o seus quantificados intervalos de tempo fazem parte desse processo. Em particular, para o professor, os momentos de aproximadamente 50 minutos de interação direta com seus alunos, representam, muitas vezes, a única ou as únicas possibilidades de tentar parametrizar diretamente a extensão da aprendizagem dos mesmos. De um certo modo, ao propormos a descrição dos pensamentos dos alunos aqui empregada, estamos conscientes de que, obviamente, uma avaliação do conhecimento apreendido e construído pelos estudantes,

conduzida por essa descrição, nos poucos minutos que transcorrem numa sala de aula, é incompleta e precisa ser suplementada por outras vias. Todavia, lembramos que a sala de aula, com o seu limitado intervalo de tempo, é um dos mais importantes espaços que o professor dispõe para as tomadas de decisões frente à compreensão do que está se passando com os seus alunos. Justificamos, assim, a utilização dos resultados deste estudo em sala de aula.

Esta proposta de descrição do pensamento dos alunos fica como sugestão para o professor empregar em sala de aula, pois de posse dela ele poderá entender as razões que levam determinados raciocínios a tomarem certos encaminhamentos que, muitas vezes, são de imediato avaliados como corretos ou incorretos.

Enfim, acreditamos ser produtivo o emprego, pelo professor, das idéias aqui sugeridas, quando da sua atuação em sala de aula. Ele pode utilizá-las de uma forma direta, com maior segurança e profundidade, pois se encontra livre das limitações observacionais que estiveram presentes neste estudo. Consequentemente, acreditamos que este profissional estará capacitado com um importante instrumental analítico para melhor compreender a dinâmica do desenvolvimento do conhecimento dos seus alunos.

Bibliografia

- CLEMENT, J. (1982) Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, **50**(1): 66-71.
- DREYFUS, A. JUNGWIRTH, E. and ELIOVITCH, R. (1990) Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, **74**(5): 555-569.
- DRIVER, R. (1989) Students' Conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, V11, Especial Issue, 481-490.
- DYKSTRA, D.I. (1992) Studying conceptual change: constructing new understandings. In: *Proceedings of an International Workshop Held at the University of Bremen. Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, Kiel, Germany, March 4-8, 1991 Duit, R. et al. Ed.; 40-58.
- ERICKSON, G. L. (1979) Children's conception of heat and temperature, *Science Education*, NY, **63**: 221-230.
- ERICKSON, G. L. (1980) Children's view point of heat; a second look, *Science Education*, N.Y. **64**: 323-338.
- HEWSON, P. W. (1981) A conceptual change approach to learning science, *European Journal of Science Education*, London and Philadelphia. **34**: 383-396.
- HEWSON, P. W. (1985) Epistemological commitments in the learning of science: examples from dynamics. *European Journal of Science Education*, London and Philadelphia. V2, 2:163-172.
- HEWSON, P. W. (1990) La enseñanza de "fuerza y movimiento como cambio conceptual", *Enseñanza de las Ciencias*, Valencia, **8**(2): 157-171.
- HEWSON, P. W. and HEWSON, M. G. A'B. (1988) An appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*. New York, **72**(5): 597-614.
- HEWSON, P. W. and THORLEY, N. R. (1989) The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*. V11, Special Issue, 541-553.
- LABURU, C. E. (1993) *A construção do conhecimento em sala de aula*. São Paulo, Tese de doutorado, FEUSP.
- NIEDDERER, H., GOLDEBERG, F. and DUIT, R. (1992) Towards learning process studies: a review of the workshop on research in physics learning In: *Proceedings of an International Workshop Held at the University of Bremen. Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*,

- Kiel, Germany, March 4-8. 1991 Duit. R. et al. Ed.:10-28.
- PIAGET, J.(1977) *O desenvolvimento do pensamento e a equilíbrio das estruturas cognitivas*. Lisboa. Publicações Dom Quixote. 228p.
- PIAGET, J.(1978) *Investigaciones sobre la contradicción*, Siglo Veintiuno de España Editores S.A.. 345p.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. and GERTZOG, W.A. (1982) Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, New York **66**(2): 221-227.
- ROWELL, J. A.(1983) Equilibration: developing the heart core of the piagetian research program. *Human Development*. 26: 61-71.
- VIENNOT, L. (1979) Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *European Journal of Science Education*, London and Phyladelphia, **1**, 205-221.
- WATTS, D. M. and ZYLBERSTAJN, A. (1981) A survey of some children's ideas about force. *Physics Education* **16**: 360- 365.