

RELATO DE EXPERIÊNCIA

CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL

ANNA MARIA PESSOA DE CARVALHO

Faculdade de Educação da USP

Neste artigo pretendemos discutir o ensino de Ciências para o ensino fundamental, propondo atividades de conhecimento físico. Discutimos alguns pressupostos gerais sobre ensino e a aprendizagem das Ciências que já formam um corpo coerente de conhecimentos. Procuramos mostrar algumas idéias que estruturam as nossas atividades de conhecimento físico e finalmente apresentamos uma das atividades. Nesse exemplo, buscamos demonstrar as bases teóricas sobre as quais a atividade foi construída e também as participações dos alunos ao resolverem o problema proposto, tomando consciência do que fizeram e procurando as explicações causais sobre o fenômeno estudado.

O desenvolvimento de nosso trabalho sobre o ensino e a aprendizagem do conhecimento físico para as primeiras séries do ensino fundamental foi motivado pelo desejo de responder à seguinte questão: qual o conteúdo de Física para o curso de Magistério? Revendo a bibliografia para o curso de formação de professores, vimos que existe uma grande variedade de propostas, sem que tenham, todavia, uma base teórica definida e, principalmente, sem uma forte inter-relação com o objetivo final do curso: o ensino dirigido às crianças de sete a dez anos.

Tomamos, pois, consciência de que primeiramente precisávamos conhecer como as crianças constroem o seu conhecimento físico, para depois nos preocuparmos com a problemática de um curso de formação de professores para esse nível. Passamos, então, a estudar como ensinar Ciências para as primeiras séries do curso fundamental.

Trabalho apresentado no curso (Re)pensando os Caminhos da Educação promovido pela SBPC e Estação Ciências/USP.

A relevância de procurarmos concentrar nossos esforços no ensino fundamental não reside apenas no fato de que nessas séries se encontra a grande maioria da população estudantil brasileira. Talvez mais importante seja lembrar que é no ensino fundamental que os alunos tomam contato, pela primeira vez, com certos conceitos científicos em uma situação de ensino, e muito da aprendizagem subsequente em Ciências depende desse primeiro contato.

Se o ensino for agradável, se fizer sentido para as crianças, elas gostarão de Ciências e terão maior possibilidade de serem bons alunos nos anos posteriores. Se esse ensino for aversivo, exigir memorização de conceitos fora do entendimento da criança e for descompromissado com sua realidade, a aversão pelas Ciências será instalada.

As primeiras séries do ensino fundamental tornam-se, portanto, um momento de encontro entre quem quer aprender e quem quer ensinar, que não pode ser negligenciado.

Mas o que é um ensino agradável e conseqüente para uma criança? Podemos ensinar Física nas primeiras séries? Como uma criança constrói o seu conhecimento e, principalmente, o conhecimento físico? Essa construção tem a mesma direção do conhecimento científico realizado pelas pessoas adultas, ou são dois momentos bem distintos, dois conteúdos e duas estratégias bem diferenciadas?

Eis uma série de questões importantes para quem quer estruturar um ensino de Ciências para esse nível. Neste artigo vamos dar a nossa posição sobre essas questões e discutir o planejamento de atividades que foram agradáveis e conseqüentes em termos de ensino de Ciências para os alunos das primeiras séries do ensino fundamental. E, como ensinar Ciências está inserido dentro do trabalho educacional escolar, temos primeiramente de contextualizá-lo no nosso entendimento do que seja ensino e aprendizagem.

ALGUNS PRESSUPOSTOS SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM

O ensino somente se realiza e merece este nome se ele for eficaz, ou seja, se o aluno aprende. O trabalho do professor deve ser todo direcionado para a aprendizagem de seus alunos, não existindo um trabalho de ensino se os alunos não aprendem. Precisamos estar conscientes de que a ação do professor durante o ensino é a responsável pela ação dos alunos, na classe, realizando sua aprendizagem. O ensino deve potencializar a aprendizagem. A unidade ensino/aprendizagem precisa ser entendida como dois lados de uma mesma moeda, duas faces de uma mesma aula.

Para que esta unidade se realize, precisamos levar em conta quatro pontos nos quais as pesquisas no campo do ensino das Ciências já formaram um

corpo coerente de conhecimentos. São eles: 1) reconhecer o papel que desempenha a escolha do conteúdo no ensino aprendizagem das Ciências; 2) reconhecer a existência de concepções espontâneas; 3) saber que os conhecimentos são respostas a questões e 4) conhecer o caráter social da construção do conhecimento científico.

O papel do conteúdo

O aluno nas primeiras séries do ensino fundamental, principalmente na área de Ciências, não aprende de fato conteúdos estritamente disciplinares, “científicos”. Temos necessidade de *procurar o conteúdo num recorte epistemológico*, isto é, conteúdos escolhidos dentro do mundo físico em que a criança vive e brinca, passíveis de serem trabalhados nesta faixa etária, numa postura que leve o aluno a construir os primeiros significados importantes do mundo científico, de tal forma que novos conhecimentos possam ser adquiridos posteriormente, daí sim, de uma forma mais sistematizada (BRASIL, 1995).

Temos de nos lembrar que o processo cognitivo evolui sempre numa reorganização do conhecimento, que não chegamos diretamente ao conhecimento correto, mas este é adquirido por aproximações sucessivas, que vão permitindo sua reconstrução a partir dos conhecimentos que o aluno já tem. Vários autores têm trabalhado, sob diversos enfoques, com esse problema. Piaget (1975a, 1972, 1977) aborda o tema do ponto de vista epistemológico; Bruner (1972), quando propõe o desenvolvimento curricular em espiral, aponta para uma possível solução pedagógica; e os pesquisadores da área de ensino de Ciências (Pozzo, 1994; Driver, 1988; Anderson, Mitchener, 1994), já abordando conhecimentos bastante específicos, têm mostrado como os alunos evoluem na construção dos conhecimentos científicos.

Assim, é importante fazer com que as crianças discutam os fenômenos que as cercam, levando-as a estruturar esses conhecimentos e construir, com seu referencial lógico, significados de uma parte da realidade em que vivem. O ensino de Ciências, nessas primeiras etapas do ensino fundamental, tem a obrigação de dar o primeiro passo com os alunos na caminhada que os levará dos conceitos espontâneos aos conceitos científicos. O professor deve estar preparado para essa primeira sistematização.

Durante o desenvolvimento escolar, na segunda metade do ensino fundamental os significados, os “conhecimentos provisórios”, deverão ser reorganizados, tomando novos significados. A escola deve trabalhar com a idéia de que a própria Ciência é provisória, que ela continuamente está sendo reconstruída, que sempre estamos criando novos significados na tentativa de explicar o nosso mundo.

O papel dos conceitos espontâneos

Um segundo ponto a se discutir, para a unificação dos processos de ensino e aprendizagem, é a importância de saber que *o aluno, ao entrar na sala de aula, tem conhecimentos espontâneos sobre o que lhe pretendemos ensinar.*

Os trabalhos e as pesquisas realizados em três campos distintos (epistemológico, didático e filosófico) sempre mostram os mesmos resultados: os alunos constroem conhecimentos espontaneamente e é com tais conhecimentos que eles entram em nossas salas de aula, ouvindo e interpretando o que falamos.

Os Estudos de Epistemologia Genética coordenados por Piaget, e depois sistematizados por Piaget e Garcia (1973), propiciaram a compreensão do desenvolvimento do conhecimento físico. Esses trabalhos mostraram aos professores de Ciências dois aspectos fundamentais: o primeiro, e talvez o mais importante, foi a compreensão dos mecanismos pelos quais as crianças constroem os conhecimentos físicos (voltaremos a este ponto mais adiante); o segundo, foi o entendimento de que a criança constrói de maneira espontânea conceitos sobre o mundo que a cerca e que esses conceitos, em muitos casos, chegam naturalmente a um estágio pré-científico, e com uma certa coerência interna.

Piaget e Garcia, na obra *Psicogênese e História das Ciências* (1981), enfatizam as semelhanças entre os domínios científicos e pré-científicos mas também consideram que existem diferenças. Mostram os autores que o:

conhecimento científico não é uma nova categoria (...). As normas da Ciência representam uma extensão das normas do pensamento e da ação primitiva, mas elas incorporam dois novos requisitos: coerência interna (do sistema total) e verificação experimental (para as ciências não dedutivas). (Piaget, Garcia, 1981. p.26)

A incorporação destes novos requisitos é essencial para uma proposta de ensino de Ciências em todos os níveis, pois, desde muito cedo, devemos levar as crianças a superarem um pensamento primitivo.

A existência de esquemas conceituais espontâneos em nossos alunos foi também reiteradamente mostrada por pesquisadores em ensino de Ciências (Viennot, 1979; Clough, Driver, 1986; Driver et al., 1989; Gil-Pérez, Carrascosa, 1990), e a dificuldade de se realizar uma mudança conceitual, passando dos conceitos espontâneos ao científico, tem sido mostrada pelas pesquisas no campo da Didática das Ciências (Hewson, 1990). Uma mínima aproximação em direção à história das Ciências basta para se perceber o tamanho dessa dificuldade, pois, como sabemos, a Ciência aristotélica foi vigente durante mais de vinte séculos e a sua transformação só pôde ocorrer a partir de uma transformação não só conceitual mas também metodológica.

O fato de os alunos trazerem conceitos espontâneos às salas de aula já tinha sido relatado com muita clareza há mais de cinqüenta anos por Bachelard:

Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros, não compreendam que não se compreenda (...). Não reflitam sobre o fato de que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: trata-se, assim, não de *adquirir* uma cultura experimental, e sim mais precisamente de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana. (1938. p.18, grifo nosso)

A “derrubada dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana” não é tarefa fácil para a escola e um caminho é aceitar a proposta de Bachelard e procurar mudar a cultura experimental — de uma experimentação espontânea a uma experimentação científica — para que os alunos possam (re)construir o seu conhecimento.

A tomada de consciência por parte dos professores de que é a partir dos conhecimentos espontâneos que os alunos trazem para a sala de aula que eles entendem o que se apresenta em classe é muito importante para evitar a surpresa de se descobrir que os alunos “aprendem” coisas que os professores juram não ter ensinado.

O papel das questões

Um terceiro ponto a ser discutido na unificação dos processos de ensino e aprendizagem é saber que *os conhecimentos são respostas a questões*, o que implica propor a aprendizagem a partir de situações problemáticas de interesse dos alunos (Carvalho, Gil-Pérez, 1993).

Falar em (re)construção de conhecimento científico por nossos alunos e falar em mudança metodológica no ensino nos faz procurar, tanto na História das Ciências, como nos trabalhos de epistemologia científica, o ponto inicial de um conhecimento novo. Achamos sempre o mesmo início, como mostra Bachelard (1938), “todo conhecimento é a resposta a uma questão”.

A aprendizagem significativa implica sempre alguma ousadia: diante de um problema, o aluno precisa elaborar hipóteses e experimentá-las (BRASIL, 1995). Nessa mesma direção, vários trabalhos em ensino de Ciências têm mostrado a importância de se considerar a aprendizagem como tratamento de *situações problemáticas* (Gil-Pérez, Martinez-Torregrosa, 1987; Wheatley, 1991; Gil-Pérez et al., 1994).

Em nossas pesquisas sobre o ensino de Ciências para os primeiros ciclos do ensino fundamental, temos detectado a importância da proposição de situações problemáticas interessantes para os alunos (Gonçalves, Carvalho, 1994a, 1994b, 1996). Na procura de resolvê-las, os alunos se envolvem intelectualmente com a situação física apresentada e constroem suas próprias hipóteses, tomam consciência da possibilidade de testá-las, procuram as relações causais e,

construindo Ciência, (re)constróem o conhecimento socialmente construído, que é um dos principais objetivos da educação escolar (Castorina, 1995).

O papel da construção social

Um quarto ponto a caracterizar a organização de um ensino que estabeleça uma grande interação com a aprendizagem dos alunos é o fato de que *o conhecimento é uma construção social*.

Sob o ponto de vista da construção do conhecimento científico, a História das Ciências tem reiteradamente mostrado a importância, na produção do conhecimento, da existência de sociedades científicas atuantes. A Ciência não progride sem troca de idéias e sem confrontos entre interpretações (Khun, 1971).

Partindo também do enfoque social dado aos processos de ensino e aprendizagem (Vigotsky, 1984; Coll, Colomina, 1990), vemos como é importante a relação entre a cultura e a educação, a relação interpessoal e, principalmente, o papel da ajuda educativa ajustada a situações peculiares de cada aprendiz.

No contexto das investigações sobre o ensino das Ciências também foi pesquisada a influência das relações sociais no desenvolvimento do aluno (Duschl, 1995; Lee, Anderson, 1993; Pintrich et al., 1993). Esses trabalhos mostraram que quando aumentam as oportunidades de conversação e de argumentação durante as aulas também se incrementam os procedimentos de raciocínio e a habilidade dos alunos para compreender os temas propostos.

Em cada uma de nossas aulas, se quisermos realmente que os alunos aprendam o que lhes ensinamos, temos de criar um ambiente intelectualmente ativo que os envolva, organizando grupos cooperativos e facilitando o intercâmbio entre eles. A função do professor será a de sistematizador dos conhecimentos gerados, além de assumir o papel de crítico da comunidade científica (Gil-Pérez et al., 1991). Explicando um pouco melhor, o professor ao assumir a função crítica de cotejar as hipótese e os resultados encontrados pelos alunos com os conhecimentos já sistematizados, de propor novas questões para que os alunos pensem, de levantar dúvidas pedindo novas sistematizações que englobem mais fatos, cria um ambiente na aula muito próximo ao encontrado nos debates científicos.

Sintetizando as idéias apresentadas sobre a unificação dos processos de ensino e aprendizagem, vemos que, ao propor o ensino para qualquer nível, mas, principalmente, para o nível fundamental, temos de levar em conta os pontos aqui discutidos, isto é, vamos propor o ensino de alguns conteúdos determinados, como uma evolução conceitual, visando a levar o aluno do conhecimento espontâneo ao conhecimento científico socialmente aceito. Para tanto utiliza-

remos situações problemáticas que lhes dêem oportunidade de levantar as próprias hipóteses e testá-las, criando condições para que essas idéias sejam discutidas em grupo, e que o processo seja dirigido pelo professor. Estamos, assim, propondo uma mudança metodológica em nosso ensino.

COMO ESTRUTURAR AS ATIVIDADES SOBRE CONHECIMENTO FÍSICO

Não podemos discutir ensino e aprendizagem de Ciências, para os primeiros ciclos do ensino fundamental, sem retomar os trabalhos de Piaget, principalmente os Estudos de Epistemologia Genética e outras obras em que, a partir de entrevistas com crianças, ele apresentou suas idéias sobre a evolução das explicações causais (1934, 1973, 1974). Nelas, Piaget mostra os mecanismos pelos quais as crianças constroem os conhecimentos físicos, socialmente constituídos.

Temos, por essas obras, o entendimento de que a *ação da criança* sobre os objetos e sua *observação* da reação do objeto são importantes em todas as atividades que envolvem o conhecimento físico, e que as crianças estruturam suas observações sobre as propriedades dos objetos e organismos vivos agindo sobre eles e observando a regularidade de suas reações. Temos de ressaltar também que, para as crianças, a manipulação física é desejável para que a ação mental se torne possível.

Pensando já em termos escolares, tomamos por base os trabalhos de Piaget, Kamii e DeVries (1986), que mostraram que “é aconselhável ter em mente quatro formas ou níveis de ação sobre os objetos...” (p.63). Os níveis são:

1. Agir sobre os objetos e ver como eles reagem.
2. Agir sobre os objetos para produzir um efeito desejado.
3. Ter consciências de como se produziu o efeito desejado.
4. Dar a explicação das causas.

Kamii e DeVries (1986) descrevem atividades planejadas para o pré-primário e mostram que as crianças alcançam, na maioria das vezes, o segundo nível, quando são capazes de “agir sobre os objetos para alcançar os efeitos desejados”. Em alguns poucos casos, a partir de perguntas do tipo “Como você fez isso?” ou “Como você explicaria a alguém como se faz isso?”, as crianças chegam ao terceiro nível, “ter consciência de como se produziu o efeito desejado”.

Piaget, em prefácio da obra acima citada, reforça o propósito dessas atividades de ensino, mostrando que:

a invenção de atividades que permitam às crianças agir sobre os objetos e observar as reações ou transformações desses objetos (...) é a essência do conhecimento físico, em

que o papel das ações do sujeito é indispensável para o entendimento da natureza dos fenômenos envolvidos. (p.9)

Além disso, Piaget reitera um posicionamento pedagógico que ocorre quando encorajamos as crianças a agirem sobre os objetos a fim de testar suas hipóteses — o erro. “A importância dos erros”, afirma Piaget quando enfoca o desenvolvimento das atividades em sala de aula, “não é negligenciada, visto que um erro corrigido é freqüentemente mais instrutivo que um sucesso imediato”.

Trabalhando nas primeiras séries do ensino fundamental, planejando e executando atividades sobre conhecimento físico, em sala de aula, para uma das pesquisas de nosso grupo — Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da FEUSP —, Gonçalves (1991) conseguiu que as crianças chegassem, muitas vezes, até o quarto nível — “as explicações causais”. Essas explicações foram obtidas quando, após as perguntas que levaram os alunos a “tomarem consciência de como resolveram o problema apresentado”, a professora perguntava “por que esse fato aconteceu?”¹.

Entretanto, não é todo problema ou qualquer fenômeno que as crianças conseguem explicar, assim como a muitos fenômenos nem os adultos, e às vezes nem mesmo os cientistas, podem dar uma explicação completa e coerente. Precisamos escolher aqueles fenômenos que estão no nível das crianças, para que elas, por meio de suas ações e de seu raciocínio, tomando consciência do que fizeram e tentando uma explicação coerente — e não mágica —, possam desenvolver atitudes necessárias ao desenvolvimento intelectual que serão básicas para o aprendizado de Ciências. Estamos favorecendo uma atitude experimental na qual encorajamos as crianças a agirem sobre os objetos a fim de testarem suas hipóteses e resolverem o problema proposto.

Para construir atividades que levem o aluno a ter oportunidade de agir sobre os objetos, enfatizando a observação do *feedback* dos objetos e promovendo a organização desse conhecimento, temos de selecionar fenômenos e sobre eles construir problemas que nos dêem a oportunidade da realização do trabalho em sala de aula. A escolha desses fenômenos e proposição dos problemas, além de obedecerem aos requisitos apontados neste artigo (Alguns pressupostos sobre ensino e aprendizagem), devem respeitar os seguintes critérios propostos por Kamii e DeVries (1986, p.24):

1. *O aluno, ao resolver o problema, deve ser capaz de produzir o fenômeno pela sua própria ação.* Como foi dito acima, o fundamental das atividades sobre conhecimento físico é a ação da criança sobre os objetos e sua

1. Esses mesmos resultados estão sendo obtidos por professores que estão trabalhando conosco em escolas de São Paulo.

observação da reação do objeto, portanto é essencial que o fenômeno escolhido seja tal, que o próprio aluno possa produzi-lo.

2. *O aluno deve ser capaz de variar sua ação.* Quando, variando a ação, o aluno observa alterações correspondentes da reação do objeto, ele tem a oportunidade de estruturar essas regularidades. Se isso não ocorre, isto é, se não há uma correspondência direta entre as variações nas ações e reações, um fenômeno oferece pouca oportunidade para estruturação.
3. *A reação do objeto deve ser visível.* Devemos ter o cuidado de escolher fenômenos nos quais a reação do objeto possa ser perfeitamente visível para os alunos, para que eles possam observar as regularidades das reações.
4. *A reação do objeto deve ser imediata.* As correspondências são muito mais fáceis de se estabelecer quando a reação do objeto é imediata. Esse é um dos motivos pelos quais as atividades envolvendo movimentos são as mais interessantes para os alunos dos primeiros anos do ensino fundamental.

Escolhido o fenômeno que apresente as características acima relacionadas é preciso criar, sobre ele, um problema instigante para os alunos.

UM EXEMPLO DE ATIVIDADE SOBRE CONHECIMENTO FÍSICO: AS BOLINHAS

Procurando transformar o referencial teórico apresentado em práticas pedagógicas efetivas, a fim de aproximar, de forma mais intrínseca e sistematizada, a teoria da prática de sala de aula, o Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da FEUSP tem elaborado e testado, no ambiente natural de uma escola, uma série de atividades visando ao ensino de Ciências para as primeiras séries do ensino fundamental.

Vamos apresentar, como exemplo, uma dessas atividades, a qual testamos numa classe do terceiro ano do ensino fundamental, procurando explicitar a parte teórica, isto é, apresentando o porquê da escolha do fenômeno, o problema proposto, as perguntas feitas pela professora e a sua ação ao ministrar a aula. Apresentamos e analisamos, também, algumas falas dos alunos, para mostrar sua ação ao resolver o problema e o desenvolvimento de seu raciocínio, ao buscarem uma explicação para o fenômeno apresentado (Gonçalves, Carvalho 1994b)².

2. Na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, temos os vídeos editados, para empréstimos, de todas as atividades que planejamos. Esses vídeos foram gravados durante o ensino, com alunos da Escola de Aplicação de FEUSP. A edição foi patrocinada pela CAPES/SPEC.

O fenômeno proposto, o choque entre duas bolinhas, implica a idéia de conservação da quantidade de movimento. Esta idéia — conservação da quantidade de movimento dos corpos — juntamente com a conservação da energia e da carga elétrica, são as idéias estruturantes do mundo físico. A partir dessas três conservações, os cientistas descrevem e explicam os fenômenos físicos. Então, uma atividade que enfoque o fenômeno reflete um recorte epistemológico da Ciência, sem se afastar do mundo em que a criança brinca.

Por outro lado, a idéia de conservação, além de ser importante para o desenvolvimento conceitual da Ciência, é fundamental para estruturação do indivíduo, pois, como mostra Halbwachs (1981), “a descoberta da conservação de uma quantidade física determinada supre o sujeito de uma noção central que reorganiza todo um domínio do campo de conhecimento e faz aparecer neste domínio relações novas entre as noções”.

Tínhamos conhecimento, por pesquisas realizadas anteriormente (Piaget, 1973; Carvalho, 1986), de que as crianças usavam espontaneamente o conceito de impulso e conseguiam “resolver-fazendo” problemas de choque entre corpos que são, freqüentemente, propostos nas séries do segundo grau para resolução em “lápis e papel”. Procuramos utilizar resultados desse estudo, uma vez que precisamos levar em conta os conhecimentos que os alunos constroem espontaneamente e saber usar esse conhecimento no planejamento da atividade.

O material experimental foi construído utilizando um trilho (de cortina) de aproximadamente um metro, onde pudessem deslocar-se bolinhas de plástico e de ferro, de igual diâmetro. O trilho tinha uma pequena inclinação que, em nossa montagem, não podia ser variada. No final do trilho montamos um pêndulo, de tal maneira que a bolinha, ao ser largada no trilho, se chocasse com o pêndulo.

Ao iniciarmos a aula, colocando um conjunto experimental para cada grupo de alunos, propusemos o seguinte problema: *Como fazer para, colocando as bolinhas, uma de cada vez, no trilho, elas produzirem na bolinha pendurada movimento do mesmo tamanho?*

Utilizamos a expressão “bolinha pendurada” em vez de pêndulo e “movimento de mesmo tamanho” em vez de “amplitude”, pois acreditamos que a introdução de novos vocábulos, já na proposição do problema, dificultaria à criança entender o que estávamos propondo. A introdução de novas palavras, que na verdade traduzem novos conceitos, deve ser feita com muita cautela, se possível durante as discussões, na sistematização, mas nunca na introdução do problema.

O problema proposto, para discutir o fenômeno de choque entre bolinhas, obedece plenamente aos quatro requisitos apontados no item anterior: o aluno

resolve o problema com suas próprias mãos, para resolvê-lo precisa variar sua ação e a reação do objeto é visível e imediata.

A solução para este problema, já que o trilho não pode ter sua inclinação modificada, é colocar a bolinha de plástico, mais leve, no alto do trilho e a de ferro, mais pesada, mais próxima do pêndulo. Essa solução foi facilmente encontrada por todos os grupos.

A explicação física do fenômeno está em que, solta do alto do trilho, a bolinha de plástico, de menor massa, pode alcançar uma velocidade maior que a de ferro e, assim, ambas transmitem ao pêndulo a mesma quantidade de movimento. Essa mesma explicação, com outras palavras, mas expressando raciocínios muito mais ricos, foi dada pelas crianças, como veremos mais adiante.

A cada uma das ações da criança de colocar as bolinhas em posições diferentes no trilho, corresponde um deslocamento diferente do pêndulo, e o aluno tem a possibilidade de estabelecer relações tais como: quanto mais pesada a bolinha, mais alto vai o pêndulo; quanto mais distante do pêndulo estiver a bolinha, mais alto ele vai. As tentativas que os alunos fazem para encontrar o ponto exato para a colocação das bolinhas indicam um saber próprio daqueles que já conhecem o funcionamento das bolinhas. Ao marcar com o dedo o ponto máximo alcançado pelo pêndulo, para comparar os movimentos, o aluno demonstra sua necessidade de estabelecer um ponto de referência, o que nos indica ações já direcionadas no sentido de resolver o problema.

Nesse período, que dura entre vinte e 25 minutos, a professora vai passando pelos grupos, pedindo que mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de se certificar de que os estudantes entenderam o problema, vai propiciando condições para que os alunos refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

Ao deixar os alunos trabalharem em grupo com o material experimental, estamos dando oportunidade de eles agirem sobre os objetos para ver como funcionam e de agirem sobre o objeto para resolver o problema. Na verdade essas duas fases são bastante interligadas, pois à medida que os alunos vão manipulando as bolinhas, colocando-as em vários pontos do trilho e observando como elas batem no pêndulo, vão também estruturando os esquemas mentais para resolver o problema.

Apesar da maior parte das aulas de Ciências terminarem quando os alunos acabam de fazer o experimento, *a nossa atividade não termina aí*. Ao contrário, estamos a menos da metade do final da aula. É necessário que os alunos tomem consciência de como conseguiram resolver o problema e procurem uma explicação para o fenômeno. É tempo de a professora iniciar, sempre a

partir das falas dos alunos e com muita calma, a sistematização dos conhecimentos novos construídos por eles.

Em nossa aula, fizemos com que os alunos sentassem em roda e lançamos a pergunta: “O que vocês fizeram para as duas bolinhas fazerem o pêndulo alcançar a mesma altura?”.

Os alunos iam relatando o trabalho que desenvolveram e tomando consciência do que fizeram, de tal forma que, pouco a pouco, novas relações foram se estabelecendo. Vamos exemplificar relatando algumas falas dos alunos:

Se a gente colocasse a de ferrugem indo mais em cima ela pegaria mais velocidade, desceria e ia empurrando a bolinha branca (pêndulo) mais pra longe. Daí a gente colocava ela mais embaixo pra ela poder pegar uma velocidade... pode estar em qualquer lugar mas ela pega uma velocidade forte e se você coloca ela lá em cima, ela tem uma velocidade mais forte ainda e aquela bolinha preta (a de plástico) que era fraca, mais leve, tinha que ir lá em cima para pegar impulso e chegar lá embaixo e ser do mesmo jeito que a de ferrugem.

A preta eu coloquei lá em cima porque a preta era mais leve e tinha que pegar mais embalo... porque a de ferrugem era pesada e batia na bolinha branca (pêndulo) com mais força e empurrava a bolinha branca mais longe. Então a gente pôs a preta lá em cima para ver o que dava. Daí a de ferrugem a gente colocava embaixo porque ela pegava menos embalo. Só que ela batia mais forte, então dava na mesma.

Vemos que estes dois alunos não têm, e nem deveriam ter, os conceitos de força, massa e impulso, como nós os físicos definimos. Entretanto, eles têm o que é fundamental, epistemologicamente falando, para o desenvolvimento do pensamento físico — a noção de conservação do movimento —, e é essa noção de conservação que queremos solidificar, que queremos sistematizar. Os conceitos específicos podem ser trabalhados posteriormente, assim como aconteceu na História da Ciência, mas a conservação da quantidade de movimento é uma *necessidade* para estruturarmos o mundo físico. Encontramos uma primeira referência dessa necessidade nos trabalhos de Aristóteles, século IV a.C. No século XIV, Buridam desenvolve o conceito de *impetus* que é muito parecido com o que nossos alunos denominam de impulso. A idéia de *impetus* seria a precursora da quantidade de movimento, estabelecida por Descartes. Em seguida, Newton propõe a conservação como um princípio. O conceito de massa e de força, como entendemos hoje, só veio a ser definido muitos anos após (Carvalho, 1992).

Respondendo a mesma pergunta, um outro aluno mostra também a tomada de consciência de suas ações³.

3. É imprescindível deixar todos os alunos falarem. As crianças sentem necessidade e gostam de expor suas idéias. Além disso, analisando os vídeos gravados nas aulas, vemos que a cada fala os alunos vão explicitando melhor os seus raciocínios, direcionando-os para as explicações causais.

Tem que pôr a bolinha preta (plástico) mais em cima porque ela é mais leve que a de ferrugem, não é? A de ferrugem é mais pesada. Então a gente tentou pôr as duas primeiro lá em cima. Aí, a de ferrugem, ela é mais pesada, bateu com mais força na bolinha branca, e foi mais longe que a preta, que é mais leve. Então a gente viu que a bolinha de ferrugem é mais pesada, e pôs ela embaixo. Então, a gente deixou a bolinha preta em cima. A gente tentou, só que não tava dando certo, porque a bolinha preta batia na branca e não ia o mesmo tanto. Aí a gente pôs a de ferrugem mais embaixo e a preta mais em cima... aí deu certo, ela estava lá em cima, ela pegava mais impulso de lá de cima, e a de ferrugem batia com menos força porque ela estava mais perto da bolinha branca... então as duas iam o mesmo tanto.

A fala desse aluno mostra que ele utiliza a operação de conservação em suas explicações. Ele afirma que para o pêndulo alcançar a mesma posição precisa receber o mesmo impulso. Ao mesmo tempo, ele realiza compensações: para ter o mesmo impulso, a mais leve deve ter maior velocidade e a mais pesada deve ter menor velocidade. Os alunos relacionam, constantemente, o impulso à velocidade e ao peso e mostram, por meio de suas falas, que o resultado essencial da “força” ou do “impulso” está na modificação do movimento do pêndulo. Se estivéssemos ensinando para uma classe de Física, num segundo grau, essas relações poderiam ser matematizadas: $I = \Delta Q$; $Q = m \cdot v$.

Um outro aluno, ao explicar como resolveu o problema, mostra um domínio do controle das variáveis.

A gente primeiro testou as duas bolinha lá de cima. Aí a gente percebeu, claro, que a bolinha de ferro ia mais longe. Cada vez a gente colocava a bolinha de ferro mais embaixo e a preta lá em cima. A gente sempre primeiro soltava a preta e media com a mão. Daí quando, por exemplo, a bolinha preta empurrava a que estava dependurada até aqui (mostra com a mão) aí empurra a outra mais embaixo. Daí a gente começa a testar tudo de novo do mesmo lugar. Coloca a outra do mesmo lugar. Se bateu definitivo... Porque a enferrujada é mais pesada e a bolinha preta é mais leve. Então se colocava ao contrário, a preta mais embaixo e a enferrujada mais em cima, a enferrujada ultrapassava a bacia. Porque a enferrujada é mais pesada, lá de cima ela tem mais impulso e a mais leve lá de cima tem pouco impulso, quer dizer, tem um pouco ainda, mas leva a bolinha até um certo ponto que a outra ultrapassa.

Controlar variáveis é uma tarefa importante para o desenvolvimento da Ciência e, ao mesmo tempo, bastante complicada de ser ensinada. O mais interessante na fala desse aluno, é a clareza com que ele mostra como controlou as variáveis relevantes durante a experiência. Ele mantém a bolinha preta, mais leve, na mesma posição, isto é, no alto do trilho, e vai variando a posição da bolinha enferrujada, mais pesada. Fez isso diversas vezes, até encontrar o ponto exato para a colocação da mais pesada; verificando “se bateu definitivo”.

Depois que todos os alunos relataram o que fizeram, a professora perguntou: E por que isso aconteceu?

A explicação causal já tinha sido dada, pela maioria dos alunos, quando contaram como resolveram o problema, entretanto, a pergunta foi necessária

para estabelecer uma sistematização do conhecimento construído. Transcrevemos as respostas de dois alunos, que exemplificam o que queremos dizer:

aluno 1: Porque a preta é mais leve que a enferrujada e a preta você joga lá de cima, ela pega um certo tanto de impulso... bate na bolinha... e a enferrujada quando você põe ali, *ela pega o mesmo tanto* de impulso que a preta vindo lá de cima e a bolinha vai o mesmo tanto.

aluno 2: As duas tiveram a *mesma força de empurrar*.

A atividade cumpriu o objetivo proposto, pois os alunos estiveram envolvidos em um clima de investigação, já que tinham um problema para resolver e a possibilidade de agir, isto é, de manipular, de elaborar hipóteses, testá-las, trabalhar em grupo discutindo o que fazer, propor idéias e explicações e discuti-las com os seus colegas e com o professor.

CONCLUSÃO

O planejamento dessas atividades tem uma finalidade: unir o ensino com a aprendizagem. A ação do professor, nessas aulas, tem como reação a aprendizagem do aluno, isto é, a (re)construção do conhecimento científico pelo aluno. Procuramos com tais aulas, como propôs Bachelard (1938), mudar a cultura experimental de nossos estudantes dando-lhes oportunidade de buscar uma explicação para um fenômeno próximo de sua realidade, se envolvendo na solução da situação problemática proposta.

O que é importante assinalar é que a busca da solução não termina com a solução do problema, mas com a tomada de consciência do que se realizou e com a sistematização do conhecimento construído por uma explicação causal. Estas etapas, importantes dentro do referencial teórico baseado nos pressupostos piagetianos, adquirem uma nova dimensão quando as relacionamos com as pesquisas atuais (Gunstone 1994), que mostram a importância da metacognição na construção do conhecimento em sala de aula.

Dar oportunidade para os alunos pensarem e explicitarem como raciocinaram, como construíram suas hipóteses, como testaram-nas para encontrar as soluções dos problemas propostos é um importante fator na construção do conhecimento em aula, e é aproximar, de forma mais intrínseca e sistematizada, a teoria pedagógica da prática do ensino.

Ao resolver esse problema, ao passar por essa atividade no ensino fundamental, não estamos dando somente ao aluno a oportunidade de construir o seu conhecimento físico, mas estamos firmando uma base experimental e construindo estruturas para um entendimento conceitual mais profundo em um outro nível de ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R. D. MITCHENER, C. P. Research on science teacher education. In: GABEL, D. L. (ed.). *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan, 1994.
- BACHELARD, G. *La Formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin, 1938.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros curriculares nacionais para o ensino fundamental: documento introdutório*. Brasília, 1995.
- BRUNER, J. S. *O Processo da educação*. 3. ed., São Paulo: Nacional, 1972.
- CARVALHO, A. M. P. *Física: proposta para um ensino construtivista*. São Paulo: EPU, 1989.
- _____. *A Formação da quantidade de movimento e sua conservação*. São Paulo, 1986. Tese (livre-docência) FE/USP
- _____. A Influência da história da quantidade de movimento e sua conservação no ensino de Mecânica na escola de segundo grau. *Perspicillum*, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p.25-35, 1992.
- CARVALHO, A. M. P., GIL-PÉREZ, D. *A Formação de professores de Ciências*, São Paulo: Cortez, 1993.
- CASTORINA, J. A. et al. *Piaget — Vigotsky: novas contribuições para o debate*. São Paulo: Ática, 1995.
- CLOUGH, E. E., DRIVER, R. A Study of consistency in the use of students' conceptual framework across different task contexts. *Science Education*, v.70, n.4, p.473-96, 1986.
- COLL, C., COLOMINA, R. Interación entre alumnos y aprendizaje escolar. In: COLL, C., PALACIOS, J., MARCHESI, A. *Desarrollo psicológico y educación II*. Madrid: Editorial Alianza, 1990.
- DRIVER, R. Un Enfoque construtivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.2, 1988.
- DRIVER R., GUESNE, E., TIBERGHEN, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata, 1989.
- DUSCHL, R. A. Mas allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, v.13, n.1, p.3-14, 1995.

- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA J. What to do about science misconception? *Science Education*, v.74, n.4, 1990.
- GIL-PÉREZ, D., MARTINEZ-TORREGROSA, J. *La Resolución de problemas de física*. Madrid: MEC, 1987.
- GIL-PÉREZ, D. et al. Didática de resolução de problemas. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, 1994.
- _____. *La Enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori, 1991.
- GONÇALVES, M. E. R. *O Conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau*. São Paulo, 1991. Dissert. (mestr.) IF e FE/USP
- GONÇALVES, M. E. R., CARVALHO, A. M. P. As Atividades de conhecimento físico: um exemplo relativo à sombra. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, v.12, n.1, 1996.
- _____. Um Exemplo de atividade de conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau; o problema do submarino. *Cadernos de Pesquisa*, n.20, p.72-80, 1994a.
- _____. Uma Atividade sobre impulso e quantidade de movimento para a escola primária. In: *Simpósio de Pesquisas da Faculdade de Educação da USP*, 1. Anais. São Paulo, 1994b. p.401-13 (Série Estudos e Documentos, 31)
- GUNSTONE, R. F. The Importance of specific science content in the enhancement of metacognition. In: FENSHAM, P. J., GUNSTONE, R. F., WHITE, R. T. (eds.). *The Content of science*. London: Falmer, 1994.
- HALBWACHS, F. Apprentissage des structures e apprentissage des significations. *Revue Française de Pedagogie*, v.57, p.25, 1981.
- HEWSON, P. W. La Enseñaza de fuerza y movimiento como cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.8, n.2, p.157-71, 1990.
- KAMII, C., DEVRIES, R. *O Conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da Teoria de Piaget*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1986.
- KHUN, T. S. *La Estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1971.
- LEE, O., ANDERSON, C. W. Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, v.30, n.30, p.585-610, 1993.
- PIAGET, J. *La Causalidad física en el niño*. Madrid: Calpe, 1934.

- _____. *La Composición de las fuerzas y el problema de los vectores*. Madrid: Ediciones Morata, 1975b.
- _____. *Fazer e compreender*. São Paulo: EDUSP, 1972.
- _____. *La Formation de la notion de force*. Paris: PUF, 1973. (Études d'épistémologie génétique t.29).
- _____. *Histoire et développement de la causalité*. Paris: Raison Presente, 1974.
- _____. *Introducción a la epistemología genética: el pensamiento físico*. Buenos Aires: Paidós, 1975a. v.2.
- _____. *A Tomada de consciência*. São Paulo: Melhoramentos, 1977.
- PIAGET, J., GARCIA, R. *Las Explicaciones causales*. Barcelona, Editorial Barral, 1973.
- _____. *Psicogénesis e historia de las ciencias*. México: Siglo XXI, 1981.
- PINTRICH, P. R., MARX, R. W., BOYLE, R. S. Beyond cold conceptual change, the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, v.63, n.2, p.167-99, 1993.
- POZZO, J. I. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Ediciones Morata, 1994.
- VIENNOT, L. *Le Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris: Herman, 1979. Tese (dout.)
- VIGOTSKY, L. S. *A Formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.
- WHEATLEY, G. H. Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, v.75, n.1, p.9-21, 1991.