

IDÉIAS ESPONTÂNEAS E ENSINO DE FÍSICA¹⁾

ALBERTO VILLANI

Instituto de Física - USP

Caixa Postal 20516, 01498 São Paulo, SP

Os professores de Física que analisam com cuidado as respostas de seus alunos a problemas ou testes preparados para avaliar a aprendizagem de um determinado conteúdo, deparam-se normalmente com respostas incorretas agrupáveis em torno de alguns padrões típicos os quais parecem representar uma tendência comum. Em linhas gerais estas respostas parecem estar baseadas em idéias independentes do lugar, da idade e da língua dos alunos, do contexto cultural e do eventual ensino ao qual os alunos foram submetidos.

Um exemplo significativo é a frequência com a qual os alunos associam a idéia de movimento, mesmo uniforme, com a de força. É grande a probabilidade de encontrar alunos que, mesmo tendo estudado as leis de Newton, associam velocidade maior com força maior, a ausência de força com ausência de velocidade^[1]. Outro exemplo típico, sempre em mecânica, é considerar a trajetória e a distância percorrida por um móvel como grandezas absolutas, independentes do observador^[2].

É verdade que é sempre possível encontrar desculpas locais para esses tipos de respostas, e por isso não faltam educadores que consideram as idéias "espontâneas" como simples produtos de um ensino pouco claro e pouco preciso, sem reconhecerem nisso uma tendência dos alunos a raciocinarem de uma determinada maneira. No entanto, em nossa opinião e na de muitos pesquisadores da área de Educação Científica, os alunos, ao entrarem em contato com o ensino escolar já cons-

¹⁾ Com auxílio parcial do CNPq

truíram um conhecimento "espontâneo", e o utilizam naturalmente; portanto, sua substituição pelas idéias científicas não é unicamente um problema de maior clareza ou maior precisão na apresentação destas últimas. Além disso, a difusão das idéias espontâneas no mundo da cultura, da comunicação e até da história da Ciência nos faz pensar que estamos diante de um fenômeno bastante complexo e profundo.

Neste trabalho procuraremos discutir rapidamente três pontos que consideramos fundamentais para uma análise adequada da relação entre idéias espontâneas e ensino de Física.

- I) Como nascem e se desenvolvem as idéias "espontâneas"?
- II) Como estas idéias interagem com as que a Escola pretende ensinar?
- III) O que pode ser feito para melhorar a aprendizagem do conteúdo científico?

I. GÊNESE E DESENVOLVIMENTO DAS IDÉIAS ESPONTÂNEAS

Os primeiros trabalhos de Piaget, realizados na década de 20, já revelam sua preocupação em caracterizar o conhecimento como uma construção progressiva; para ele, as idéias sobre o mundo físico são construídas pelas crianças a partir de sua ação sobre este mundo, com a mediação de suas estruturas e operações mentais. Sua tese é que, de um lado, a representação do mundo se modifica e se amplia a partir da utilização de novas estruturas e operações mentais, e, de outro lado, novas estruturas mentais emergem a partir da elaboração de conhecimentos adequados [3].

Por exemplo, se uma criança não é capaz de aplicar a operação de transitividade (se $A = B$ e $B = C$ então necessariamente $A = C$), nunca poderá concluir que um corpo A tem o mesmo peso de um corpo C pelo simples fato de A e C estarem em equilíbrio com um mesmo corpo B. De outro lado, se a criança não lidar com vários casos concretos nos quais é possível verificar propriedades transitivas, dificilmente poderá desenvolver esta operação mental e perceber sua necessidade

lógica, sendo assim capaz de aplicá-la a contextos diferentes e a situações análogas. Por exemplo, ela poderá até explicar o que ocorre quando uma bola de bilhar A se choca com um conjunto de bolas iguais enfileiradas B, C, D, em termos da passagem de uma mesma "quantidade de movimento" de A para B, de B para C e de C para D de "modo transitivo" sem que as bolas intermediárias B e C tenham que se movimentar necessariamente^[4].

Para Piaget, a tendência geral das operações mentais a se tornarem sempre mais coordenadas, e dos correspondentes conhecimentos a se estruturarem de maneira sempre mais abrangente, incorporando novas situações, explica porque o conhecimento das crianças se modifica e cresce com a idade. Em particular esta tendência explica seja a generalização do conhecimento (mediante indução empírica, na qual a assimilação de novos conteúdos se dá sem perturbações significativas), seja as reestruturações conceituais (nas quais os conceitos básicos se modificam com grandes dificuldades).

Dentro da teoria piagetiana é possível, por exemplo, entender toda a evolução da idéia de peso^[5].

É possível explicar porque ela se forma e aparece sob diferentes aspectos: 1) como propriedade "intrínseca" dos objetos, sintetizando as experiências de queda dos corpos quando não sustentados; 2) como percepção da pressão por eles exercidas na mão que os sustenta e 3) como resistência ao seu deslocamento.

É possível também compreender-se porque é rapidamente construída por uma criança a idéia de que o peso de um corpo se conserva frente às mudanças de posição, de base de apoio e até de forma, desde que ela consiga relacionar peso com a "quantidade de matéria" que constitui o corpo (que por sua vez é invariante para tais mudanças).

Finalmente é possível entender, mediante a incorporação progressiva das idéias de ação e reação, a ulterior evolução da concepção de peso: inicialmente a descoberta das forças internas introduz uma perturbação, depois a coordenação

de tais forças leva à conclusão explícita da sua irrelevância para a indicação de uma balança e finalmente ocorre uma diferenciação entre peso, pressão, volume e densidade.

Entretanto toda esta evolução não parece afetar a caracterização do peso como propriedade "intrínseca" dos objetos, independente das interações gravitacionais destes com a Terra; a interação gravitacional parece constituir uma idéia explicativa muito difícil e abstrata, totalmente fora da perspectiva e do alcance intelectual das crianças e possível de ser introduzida somente mediante uma intervenção externa de tipo cultural e social (por exemplo na escola).

Junto com esta tendência à progressiva unificação do conhecimento, recentemente tem sido focalizada uma outra tendência do conhecimento da criança em construir generalizações empíricas limitadas, sem se preocupar muito com sua compatibilidade com as outras idéias e modelos que constituem o seu repertório intelectual^[6].

Um exemplo interessante é oferecido pela relação entre força e movimento. No começo o aluno acha que "um corpo anda quando tem força e pára quando perdeu toda a força"; entretanto, ao deparar-se com experimentos nos quais diminuindo o atrito um corpo continua a andar por mais tempo, alguns alunos podem até chegar a extrapolar que sem atrito talvez o objeto não pare nunca. Será que eles renegaram a idéia de relação entre força e movimento? Muito dificilmente. Eles podem muito bem ter resolvido o seu conhecimento mantendo dois modelos: para começar e continuar com o movimento precisa-se de força (a força do movimento) e para parar também precisa-se de força (a força do atrito).

Para o professor acostumado com o princípio de inércia, força é sinônimo unicamente de mudança de velocidade e é "absurdo" ter dois modelos. Para o estudante é pouco conveniente abandonar um modelo que funciona tão bem na vida quotidiana: fala-se usualmente da "força do embalo" e "sentese" a "força do movimento" quando o ônibus freia bruscamente.

A tendência a resolver cada situação separadamente não é exclusiva das crianças ainda não completamente desenvolvidas. Frente a situações novas não imediatamente inteligíveis com os esquemas à nossa disposição, podemos tentar modificar e reformular estes últimos ou podemos mantê-los e inventar outros esquemas para as novas situações. Às vezes, mudamos de idéia para podermos explicar os novos dados; às vezes, mantemos as idéias antigas e tratamos os novos dados com novas idéias mais apropriadas. Às vezes, é mais "razoável" ficar com modelos diferentes aparentemente não muito compatíveis, do que arriscarmos uma reestruturação fora de nosso alcance.

E para não deixar a impressão de que o comportamento científico é isento desta tendência, podemos citar os inúmeros confrontos entre modelos alternativos na história da Ciência passada e presente. Nem sempre um deles está certo e o outro errado: nem sempre é simples encontrar um modelo melhor que englobe os resultados dos dois. Às vezes, os cientistas tem que se contentar com os dois modelos em confronto e utilizar um para explicar alguns dados e o outro para explicar outros dados. A história do modelo corpuscular e ondulatório da luz é um exemplo importante de um confronto entre modelos alternativos com o domínio temporário de um deles sem o abandono total do outro. Seria interessante discutir, do ponto de vista teórico, se as duas tendências constituem dois aspectos inseparáveis do desenvolvimento intelectual e em que medida os "modelos cognitivos", dos autores citados anteriormente, dão conta de maneira coerente de tais tendências; por enquanto nos limitaremos somente a ressaltar a complexidade do processo cognitivo.

Resumindo então este primeiro item podemos dizer que as crianças formam idéias sobre o mundo físico a partir de sua interação com ele. Essas idéias evoluem, modificam-se e tornam-se em parte mais abrangentes, mas sua evolução e sua integração sucessiva é sempre parcial; existem sempre aspectos destas idéias iniciais, que não são modificados apesar

de não serem totalmente compatíveis com o restante dos conhecimentos adquiridos.

O conhecimento é um tipo de jogo dinâmico entre a tendência a integrar as novas situações nos esquemas intelectuais já elaborados, chegando às vezes a sínteses superiores que pressupõem mudanças conceituais profundas e a tendência a inventar novos esquemas e novas generalizações, adequadas às novas situações e separadas das conceituações antigas, que permanecem praticamente sem alterações.

Dependendo da prevalência de uma ou outra dessas tendências é possível explicar não somente a maior ou menor articulação das idéias espontâneas, mas também sua resistência à mudança e sua coexistência "pacífica" com as idéias ensinadas na escola. É o que veremos no próximo item.

II. IDÉIAS ESPONTÂNEAS E CONTEÚDO CIENTÍFICO

Para explicar a interação específica entre conhecimento científico adquirido na escola e idéias espontâneas construídas na vida, é preciso chamar atenção para suas características diferentes. Como acenamos, o conhecimento espontâneo nasce e se desenvolve principalmente a partir da interação com o mundo físico, e da generalização empírica, mediante modelos pouco abrangentes e complementares. Ao contrário, o conhecimento científico adquirido na escola é apresentado, com a autoridade do professor e do livro-texto, numa forma já final, abstrata e sistematizada, corroborada, na melhor das hipóteses, por exemplos apropriados. Enfim, no máximo a escola explica alguns fatos bem particulares da vida quotidiana, aplicando-se muito mais às situações de laboratório.

Para sermos mais precisos, o pensamento espontâneo opera com esquemas e relações bastante vagas, que resumem características perceptíveis dos fenômenos físicos e que constituem "protótipos" adequados a conjuntos restritos de fatos; cada conjunto é tratado com um protótipo particular e os protótipos são sucessiva e parcialmente articulados [7].

Ao contrário, o conhecimento científico apresentado na escola é constituído de um conjunto de relações e modelos abstratos e afastados da percepção comum (quem pensaria que Energia Cinética, Energia Potencial e Calor são intercambiáveis?) e com um poder de explicação muito profundo e abrangente. Por isso no começo da aprendizagem das teorias científicas não existe quase interação entre estas e o conhecimento espontâneo, pois a significação atribuída a cada um deles é diferente e os correspondentes campos de abrangência também são diferentes. Para resolver os problemas escolares usa-se o conhecimento escolar, para os problemas da vida, o conhecimento espontâneo, corroborado pela aprovação social e, às vezes, cultural do ambiente no qual se vive e opera.

O que pode acontecer a partir da tendência a generalizar e ampliar a abrangência dos conhecimentos adquiridos?

Podemos salientar, a grosso modo, três perspectivas diferentes.

A menos comum é de que o conhecimento científico se fortifique e se expanda a tal ponto que entra rapidamente em conflito com o conhecimento espontâneo, toma conta de boa parte do campo de aplicação desse último, e deixa para ele um campo mínimo de sobrevivência em regiões bem distintas da possibilidade de explicação científica. É o que acontece com os estudantes mais brilhantes e que praticamente orientam sozinhos o desenvolvimento de seu conhecimento.

Uma segunda alternativa, oposta e mais frequente, é evitar o confronto entre os dois tipos de conhecimento, até que o abandono dos bancos escolares reduza drasticamente, mediante o esquecimento natural, a abrangência das explicações científicas, deixando-as unicamente para os exemplos clamorosos da história, bem longínquos da vida quotidiana tratada com modelos espontâneos progressivamente articulados. É o que acontece com a maioria das pessoas que abandonam a aprendizagem de Física ao terminar o segundo grau.

Finalmente, uma terceira alternativa bastante comum

nas pessoas que mantêm uma relação com o mundo da explicação científica, é a "domesticação" das idéias científicas^[8]. Trata-se da formação e articulação de idéias mistas que incorporam parte do esquema formal científico e o adequam às idéias intuitivas bem enraizadas. Um exemplo interessante, em contrado na análise das respostas dos estudantes de 2º grau a problemas envolvendo força, velocidade e acelerações^[9] é o raciocínio seguinte:

"Força e velocidade são proporcionais, pois maior a força maior a velocidade; também velocidade e aceleração são proporcionais, pois aumentando a velocidade aumenta a aceleração. Portanto, força e aceleração são proporcionais: $f = ma$ ".

Um outro exemplo, mais sofisticado, encontrado entre estudantes de Pós-Graduação já formados^[8], em respostas a problemas sobre choque entre bolas de bilhar é aproximadamente o seguinte:

"A força de impacto de uma bola incidente sobre o alvo é proporcional à sua massa; também a reação da bola alvo sobre a bola incidente é proporcional à sua massa. Conseqüentemente se a ação da bola incidente for maior que a reação do alvo, as duas continuarão na mesma direção. Se a ação e reação forem iguais, então a bola incidente será freiada a té parar. Se a reação for maior, a bola inciidente voltará atrás após o impacto com o alvo".

No primeiro caso o estudante sabia com segurança que $f = ma$ e conseguiu construir uma explicação firme para tal relação a partir das idéias espontâneas envolvendo as relações ambíguas entre força e velocidade e entre velocidade e aceleração.

No segundo caso o estudante sabia prever com cuidado o movimento da bola incidente, após o choque, a partir da

relação entre as massas em interação. Sabia também usar as idéias de reação e ação, modificadas a partir da idéia espontânea que a ação de uma bola depende unicamente de sua massa, ou seja, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação.

É interessante notar que estes tipos de mistura entre idéias espontâneas e esquemas científicos são difíceis de detectar nas avaliações comuns de nossas escolas, muito apegadas às relações formais e pouco interessantes na qualidade do raciocínio físico.

Quando o objeto de avaliação é somente um "resultado" final ou uma fórmula e não a articulação completa do raciocínio, é muito difícil controlar quanto o pensamento do aluno é coerente com o saber científico proposto.

Resumindo então a idéia central até aqui analisada, é importante ter presente que o conhecimento científico proposto pela Escola pode sofrer alterações complexas ao ser e laborado pelo estudante. Isso deve ser levado em conta como uma das variáveis mais importantes, se o professor quiser melhorar a qualidade de seu ensino. É o que veremos no próximo item.

III. A MELHORIA DO ENSINO DE FÍSICA

Em nossa opinião a estruturação de um conhecimento científico, abrangente e vital, não poderá ser realizada sem seu confronto aberto com as noções espontâneas dos estudantes.

Este confronto, que deverá levar à diminuição do poder de explicação das noções espontâneas, deverá ser conduzido com analogia a regras fundamentais das estratégias dos conflitos^[10]. Entretanto, é importante salientar que tais estratégias não constituem uma "panacéia" para a solução dos problemas de ensino de Física, cabendo ao próprio docente a intuição do momento e da oportunidade de utilizá-las e a explicitação das maneiras concretas de realizá-las.

1) Diminuir a segurança do conhecimento espontâneo

A maneira mais eficiente de criar uma insatisfação em relação ao conhecimento espontâneo é revelar sua presença e sua potencialidade ao aluno.

Essa atividade tem sido desenvolvida mediante discussões em grupos pequenos, nos quais aparecem idéias contraditórias, mediante diálogos de tipo socrático, nos quais o professor orienta as perguntas até obter uma formulação explícita das idéias espontâneas; mediante testes escritos, discutidos e interpretados; mediante trabalhos de laboratório, visando o exercício sistemático de previsões e de explicações.

O aparecimento de multiplicidades de conhecimentos espontâneos com conotações diferentes, e a tomada de consciência da limitação de seu poder explicativo, principalmente pela fragmentação das relações e dos protótipos utilizados, que explicam somente alguns fatos e não outros, apesar de não levar ao abandono das idéias espontâneas, como explicação dos casos analisados, certamente tornam tal conhecimento problemático e de alguma forma insatisfatório.

Essa insatisfação vem do reconhecimento que o conhecimento espontâneo não satisfaz muito a tendência de integração do pensamento e a sua necessidade de generalização.

Perceber que para explicar a visão dos objetos se usa o modelo de raio que sai do objeto quando esse é bem luminoso, e o modelo de raio que sai do olho quando o objeto é pouco luminoso e o modelo de luminosidade difusa quando não aparecem fontes luminosas específicas, ajuda a perder um pouco aquela confiança natural que se tem frente a situações óbvias e a se preparar para uma possível análise crítica das idéias espontâneas.

2) Atacar o conhecimento espontâneo em seus pontos fracos

Este ponto é delicado, pois envolve por parte do professor o conhecimento de contra-exemplos significativos para os alunos.

Não é qualquer contra-exemplo que debilita o conhecimento espontâneo do aluno, mas somente o contra-exemplo reconhecido como tal. Isso implica que o aluno possa fazer uma previsão sobre alguma situação física com base em seu conhecimento espontâneo, e que essa previsão se revele em contraste com os fatos empíricos ou com idéias reconhecidas válidas. Por exemplo, se os alunos utilizam a idéia de que a distância percorrida por um móvel é absoluta, e independente do observador, é possível fazer uma demonstração em classe com diferentes observadores em movimento e mostrar que para cada um deles o objeto se afastou ou aproximou de formas diferentes.

Apesar disso não eliminar a idéia de uma distância percorrida "verdadeira" do objeto, pelo menos mostra que os observadores medem distâncias percorridas diferentes e observam trajetórias diferentes, que eventualmente serão interpretadas como "aparentes". Analogamente, se os alunos acham que as bolas de bilhar "transmitem" todo seu movimento quando batem em alvos maiores é possível fazer demonstrações concretas mostrando resultados diferentes das previsões e criticando os modelos e as idéias que geram tais previsões.

3) Mostrar o poder de explicação do conhecimento científico em relação aos contra-exemplos

Este objetivo pode ser atingido de maneiras diferentes. Pode-se desenvolver o conhecimento científico até conseguir aplicá-lo aos fenômenos que constituem os contra-exemplos e mostrar como as previsões científicas são compatíveis com os fatos a serem explicados; pode-se também analisar os fenômenos que constituem contra-exemplos das idéias espontâneas, levantar possíveis idéias alternativas capazes de explicá-los e selecionar estas últimas até convergir para a explicação científica procurada.

Um exemplo da primeira maneira foi utilizado em um encontro de professores na discussão da queda livre de corpos de diferentes massas: escolhendo oportunamente duas situações com resultados experimentais diferentes (a queda de

dois corpos de mesmo material e forma, mas com volumes diferentes e a queda de dois corpos de mesma forma e volume, mas com massas diferentes) foi possível mostrar que a idéia espontânea de que os corpos mais pesados caem mais depressa funcionava somente no segundo caso, mas estava em contradição com o primeiro. Ao contrário, a utilização da lei de Newton aplicada à força peso e à resistência do ar explicava simultaneamente ambos os resultados experimentais.

Um exemplo da segunda maneira de utilizar contra-exemplos foi a discussão com alunos de 2º grau sobre a presença de gotas na parte exterior de um vidro contendo um líquido com baixa temperatura. Ao se propor uma sessão de "tempestade mental" muitas sugestões foram levantadas, inclusive a idéia espontânea de uma passagem do líquido para o exterior do vidro. A análise das gotas revelou a inconsistência dessa proposta. Dentre as outras idéias levantadas foram selecionadas as que se referiam à presença de vapor ou de alguma forma de água no ar. A análise de outros fenômenos, como a chuva, a evaporação da água com o aumento da temperatura, a condensação de gotas de água na tampa das panelas, orientou toda a discussão para a elaboração de um modelo científico de composição do ar.

As duas maneiras de propor as explicações científicas são igualmente válidas, sendo que sua eficiência depende bastante do contexto escolar, dos exemplos escolhidos e da habilidade do professor em conduzir as atividades escolares. O ponto fundamental é focalizar a capacidade de integração da explicação científica.

As estratégias propostas para "enfraquecer" o conhecimento espontâneo e substituí-lo pelo conhecimento científico não dispensam um trabalho sistemático com este último. Por isso será indispensável uma quarta etapa, não necessariamente posterior às já acenadas.

4) Aumentar a consistência do conhecimento científico dos estudantes

Sua finalidade é dúplex: torná-lo digno de confian

ça como instrumento intelectual e transformar sua significação de acadêmica em vital. Isso significa aumentar no estudante seu conhecimento do ponto de vista analítico, sintético, heurístico e prático^[8].

O estudante deverá ser capaz de manipular com segurança as idéias e relações singulares que caracterizam o conhecimento a ser aprendido. O sucesso nessa tarefa será obtido principalmente mediante os tradicionais exercícios, problemas e questões simples, bem escolhidos e capazes de fornecerem uma idéia bastante ampla do seu funcionamento. As técnicas de reforço e de incentivo serão particularmente úteis nesse tipo de treinamento.

De forma complementar o trabalho de síntese deverá visar o encadeamento entre as relações, a visão global e o significado global do conteúdo a ser aprendido. Não é necessário que a análise sempre preceda a síntese, pois cada uma destas atividades pode esclarecer e reforçar a outra.

Assim como o conhecimento de tipos de força, representação de forças, operação com forças, relação entre velocidade e aceleração e tipos de aceleração, faz com que o conhecimento da 2ª e 3ª lei de Newton adquira significados bem precisos, também o conhecimento das leis de Newton dá significado à idéia de força como interação, às relações singulares que a caracterizam e aos casos concretos nos quais podem ser aplicados.

O conhecimento do aspecto heurístico da Ciência (dos pressupostos e das idéias básicas da Ciência, não diretamente demonstráveis, mas capazes de guiar na elaboração de esquemas e modelos explicativos) é fundamental para tornar o conhecimento científico culturalmente assimilável.

A discussão das analogias básicas, das imagens mais importantes, das idéias fundamentais, que permanecem mesmo quando as teorias se modificam ou que voltam mesmo depois de terem sido abandonadas, será uma atividade didática muito interessante e capaz de mostrar um lado desconhecido da Ciência, o seu lado mais humano, e que a torna mais semelhante

às outras atividades culturais [8].

Finalmente, o conhecimento prático se refere à análise sistemática de situações concretas e complexas da vida quotidiana que envolvem a utilização de simplificações e aproximações apropriadas; mediante este conhecimento o estudante torna-se progressivamente capaz de lidar com seu meio ambiente de maneira científica e de interagir em condições melhores com a científicização da vida moderna; desta maneira o conhecimento científico do estudante aumenta sua significação intelectual, abrangendo setores sempre mais amplos da vida social e perdendo, pelo menos em parte, seu isolamento acadêmico e escolar. Nem é preciso chamar a atenção que, finalmente, é o estudante que deve mudar o seu entendimento e construir "novos" modos "pessoais" de análise dos fenômenos naturais; ninguém pode fazer isso no lugar dele. Conseqüentemente um ingrediente indispensável deste processo é a reflexão pessoal, dirigida seja ao conteúdo conceitual, seja ao próprio processo de conhecimento.

Resumindo este terceiro item, podemos dizer que um dos pontos-chave para a melhoria do ensino de Física consiste em diminuir a abrangência do conhecimento espontâneo, salientando os seus limites, e aumentar a significação, o campo de aplicação e a consistência da aprendizagem do conhecimento científico, discutindo sua natureza, sua história e seu valor tecnológico.

CONCLUSÕES

Talvez nessa altura de nossa discussão pareça inevitável pleitear que o objetivo do ensino de Física seja a destruição das idéias espontâneas sobre o mundo Físico e sua substituição pelo conhecimento científico.

Em nossa opinião essa conclusão é demasiadamente apressada e radical, tendo como base uma visão muito simplista do conhecimento científico e da aprendizagem.

Em primeiro lugar, tal objetivo é impraticável, pois

o ensino escolar sozinho é incapaz de destruir idéias que encontram reforços contínuos na cultura, na comunicação social e na linguagem cotidiana. Para poder acabar com as idéias espontâneas seria necessário modificar todos os condicionantes, que tendem a criar grupos de idéias adequadas nos respectivos campos de atuação.

Em segundo lugar, a função do ensino não é acabar com as idéias espontâneas, porém fortalecer as idéias científicas, estruturando-as e ampliando seu poder de explicação até onde é razoavelmente possível e viável. As idéias espontâneas devem ser enfrentadas somente na medida em que constituem um obstáculo à expansão legítima do conhecimento científico. Considerando que o conhecimento científico não constitui uma verdade absoluta, então sua expansão não poderá ser absoluta.

Em terceiro lugar, as idéias espontâneas constituem o campo de aperfeiçoamento natural das estruturas e das operações mentais. De fato, o estudante será mais facilmente capaz de revelar suas potencialidades efetivas discutindo seu conhecimento espontâneo do que elaborando o conhecimento imposto pela escola, sendo que, às vezes, este último poderá até bloquear avanços qualitativos na maneira de conceber e tratar os fenômenos físicos. Um exemplo interessante é a análise do choque "elástico" entre uma bola incidente e uma bola alvo parada^[11].

A idéia primitiva é que a bola incidente "produz o impulso" no alvo, cuja função é somente resistiva. Uma evolução natural consiste em modificar seja o papel do alvo, introduzindo a idéia de reação, seja o papel da bola incidente, tornando-a "transmissora do impulso", que globalmente deverá ser conservado.

A discussão dessas idéias poderá levar a uma concepção qualitativamente diferente do choque, inclusive à necessidade de duas grandezas, uma vetorial e outra escalar, para descrever o fenômeno.

Em nossa opinião o caminho que respeita a evolução

do pensamento natural do estudante pode ser mais eficiente do que a introdução pura e simples das conservações da Energia Cinética e da Quantidade de Movimento, idéias inicialmente estranhas à concepção dos estudantes.

Em quarto lugar, as idéias espontâneas não têm somente um papel negativo. Além de ter um valor prático, auxiliando às vezes a solução rápida de problemas quotidianos, elas têm também um valor teórico, como possíveis fontes alternativas ao saber científico atual, na medida que expressam de maneira rudimentar intuições básicas sobre a natureza que poderão substituir as imagens básicas atualmente utilizadas pela Ciência.

Um exemplo interessante pode esclarecer essa idéia. Uma criança de quatro anos, interrogada sobre o que era a luz respondeu:

"A luz é como a chuva, feita de pingos muito pequenos que passam por todos os buracos, mesmo os mais finos".

Certamente no final do século passado um professor teria achado esta idéia poética, mas muito distante e oposta à idéia científica reinante de que a luz é uma onda eletromagnética contínua. Entretanto, no começo deste século Einstein propôs, e com boas razões, a idéia de que a luz, em última análise, é constituída de "pingos" de energia, muito pequenos, capazes de entrar no interior dos materiais e interagir com seus átomos.

A percepção de que muitas das idéias espontâneas sobre o mundo físico constituíram a base inicial do conhecimento científico do passado e de que, muitas vezes, o progresso científico se deu retomando imagens simples do passado, poderá ajudar professores e estudantes a ter uma posição mais equilibrada sobre o valor do conhecimento espontâneo.

O conhecimento científico atual não é definitivo, e provavelmente ele sofrerá reformulações tão drásticas em suas imagens básicas quanto a mudança entre a idéia de luz co

mo onda contínua e como conjunto discreto de fótons. Ter idéias novas é difícil e será ainda mais se nossa educação científica tiver como objetivo a eliminação das idéias espontâneas, para enquadrar todo o mundo nos limites atuais do conhecimento científico; por essa razão é importante que professores e estudantes tomem consciência, de alguma maneira, de sua historicidade.

Estas considerações conclusivas jogam nova luz sobre a função do professor para a melhoria da aprendizagem de seus estudantes. Longe de ter um papel meramente burocrático ele deverá estar atento para aproveitar das situações mais oportunas seja para desenvolver as idéias iniciais dos estudantes, seja para trabalhar em torno das propostas da Física Clássica e Moderna. Por isso lhe caberá aceitar e estimular seja a elaboração por parte dos alunos de sínteses conceitualmente e operacionalmente superiores, mesmo que em contextos espontâneos, seja o desenvolvimento das idéias propostas pela escola.

Nesta tarefa tão delicada, somente a experiência e a reflexão contínua ajudarão o professor a intuir e a administrar os equilíbrios mais fecundos e satisfatórios.

AGRADECIMENTOS

As professoras M.R. Kawamura, Y. Hosoume, J.L.A. Pacca e M.C. Mariani pela leitura crítica deste trabalho e pelas sugestões.

Ao CNPq pela ajuda financeira.

REFERÊNCIAS

- [1] Viennot, L., "Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire", These, Un. Paris VII, (1977).
- [2] Saltiel, E., "Concepts Cinématiques et Raisonnements Naturels: ...", These, Un. Paris VII, (1978).
- [3] Battro, A.M., "O Pensamento de Jean Piaget", Florense, Rio de Janeiro, (1976).

- [4] Piaget, J. et al., "La Transmission de Mouvement", EEG XXVII, PUF, (1972).
- [5] Krapas Teixeira, S., "A Atribuição de Causalidade na Construção do Conceito de Peso", Tese de Doutorado, F.E. U.S.P., (1989).
- [6] Kelly, G.A., "The Psychology of Personal Constructs", Vol. 1 e 2, New York, W.W. Norton, (1955).
- [7] Guidoni, P., "On Natural Thinking", Eur. Jour. Sc. Educ. 7 (3) (1985).
- [8] Villani, A., "Conteúdo Científico e Problemática Educacional na Formação do Professor de Ciência", Tese, IFUSP, (1986).
- [9] Villani, A. et al., "Analisando o Ensino de Física: Contribuições de Pesquisas com Enfoques Diferentes", Rev. Ens. Física 4 (1982) pp. 23-51.
- [10] Driver, R., "Psicología Cognitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos", Enseñ. de las Ciencias, 4(1) (1986) pp. 3-15.
- [11] Mariani, M.C., "A Evolução das Concepções Espontâneas sobre Colisões", Dissertação de Mestrado, IFUSP-FEUSP, (1987).