

Porque os objetos flutuam? Três versões de diálogos entre as explicações das crianças e as explicações científicas

Maria Lucia Vital dos Santos Abib

Todo professor, ao ensinar, teria que perguntar: "Isso que vou ensinar, é ferramenta? É brinquedo?"

Se não for é melhor deixar de lado.

(Rubem Alves)

Introdução

A ciência e a tecnologia estão cada vez mais presentes em nosso mundo atual. Aprender ciências de maneira a poder compreender o que se passa à nossa volta e assim poder participar de modo crítico na sociedade é uma necessidade contemporânea inquestionável.

Isto significa que precisamos trazer para as nossas escolas uma alfabetização científica desde os anos iniciais. Desde cedo, precisamos dar chance às crianças de desenvolver um gosto pela ciência e a percepção de que podem aprender ciências com facilidade. É nesse sentido que a experimentação como investigação, mesmo que seja em suas formas mais simples, podem ser oportunidades de trabalhar tanto as “ferramentas”, como os “brinquedos” necessários ao desenvolvimento dos nossos alunos.

Se tomarmos essas finalidades como metas a serem atingidas, em nossas ações como professores, podemos organizar diversas situações de ensino em que as crianças fiquem muito interessadas em entender os fenômenos e a exercer e compartilhar o pensamento sobre os mesmos. Como afirma Lemke (2004), diante de nossas novas formas de viver, precisamos encontrar novas maneiras de ensinar que sejam baseadas principalmente nas possibilidades dos alunos expressarem suas idéias, no diálogo entre essas e os conceitos científicos e, sobretudo, nas ações de mediação que podemos exercer.

Com essa perspectiva, propomos neste texto três situações de ensino sobre um tema muito presente no cotidiano das crianças: a flutuação dos corpos. A base principal das propostas de ensino é sua organização de modo a

promover aproximações, diálogos, estruturados em três níveis de dificuldade, entre as idéias dos alunos sobre os motivos pelos quais os objetos flutuam (ou afundam) e as explicações científicas sobre este fenômeno.

Estrutturamos esse capítulo em três partes. Primeiro, apresentamos resultados de pesquisas sobre as concepções de crianças e adolescentes sobre o fenômeno. Na sequência, discutimos as explicações científicas e, posteriormente, apresentamos as três sugestões de atividades experimentais nas quais as mediações do professor podem se dar no sentido de promover diferentes graus de compreensão sobre a flutuação.

Porque os objetos flutuam? As explicações das crianças e o pensamento de senso comum

As crianças desde muito pequenas observam com muita curiosidade o que ocorre à sua volta. Por sua própria conta, muitas vezes fazem “experimentos” tentando controlar o efeito de suas ações e provocações com os objetos. Muitas brincadeiras infantis como rodar o pião, jogar bola e brincar na água vão propiciando, pouco a pouco, maior chance de sucesso à medida que compreensões sobre o que ocorre vão se tornando mais aprimoradas. Com os adultos, a necessidade de entender o que ocorre com alguns dos fenômenos naturais que estão fortemente presentes no cotidiano também leva, com frequência, a indagações sobre os mesmos e a um forte interesse a programas de divulgação científica divulgados pela mídia.

É nesse movimento de curiosidade pelo mundo, muitas vezes potencializado pelo contexto cultural, que os indivíduos, ao longo de seu processo de desenvolvimento podem elaborar e reelaborar suas explicações sobre os fenômenos.

Muitos fenômenos que ocorrem no cotidiano chamam, em geral, bastante atenção das pessoas. Entre eles, a flutuação dos corpos aparece com frequência como um fenômeno instigante. Por exemplo, as crianças desde muito cedo começam a perceber a influência do peso dos objetos e, dependendo das suas vivências, vão passar a incorporar novos elementos às explicações sobre as causas deste fenômeno. Em estudos que realizamos em

diversos contextos escolares pudemos constatar que alunos das séries intermediárias do ensino fundamental, os adolescentes e mesmo os adultos, que não tiveram acesso às explicações científicas sobre esse tema, começam elaborar explicações para a flutuação que incluem propriedades diversas além do próprio peso. Em situações de experimentação nas quais podem realizar observações sobre objetos com características bem diferentes vão tornando suas explicações mais complexas e passam a incorporar outras propriedades como o tamanho do corpo, o seu formato, o tipo de material que constitui o corpo e outras. Às vezes, falam sobre a “força da água” ou ao modo de colocar o objeto na superfície e, no caso de objetos abertos e dos muito finos, como as lâminas e agulhas, à importância de manter o seu equilíbrio na superfície para não entrar água. É muito interessante notar que as explicações de uma mesma pessoa variam bastante de situação para situação, não havendo, em grande parte dos casos, a busca de uma explicação geral e única válida para a maioria dos objetos.

Dois estudos desenvolvidos por Jean Piaget e Barber Inhelder em suas investigações sobre os processos de desenvolvimento de noções físicas (1971), e das explicações causais de vários fenômenos físicos (Inhelder e Piaget, 1976), podem nos ajudar a compreender formas de elaboração das concepções de nossos alunos.

No caso da flutuação dos corpos, esses pesquisadores realizaram uma investigação muito interessante e elucidativa. Apresentavam a crianças de várias idades um conjunto de diversos objetos e um recipiente com água. Inicialmente, solicitavam que fizessem previsões sobre o que ocorreriam se fossem colocados na água. Em seguida, pediam que observassem seus comportamentos e explicassem os motivos pelos quais eles flutuavam ou afundavam¹. As respostas apresentadas pelas crianças, diante do desafio de responder às várias perguntas feitas pelos investigadores durante as experimentações, mostraram que as crianças, a partir de 7 ou 8 anos, iam tornando suas explicações cada vez mais complexas e, de modo surpreendente, chegavam a se aproximar, em maior ou menor grau, das

¹ Uma maneira de aprofundar a compreensão sobre as possíveis hipóteses explicativas que podem aparecer em atividades de ensino sobre esse tema é fazer previamente, em caráter exploratório, uma atividade com essas crianças ou adultos fazendo as mesmas solicitações feitas pelos pesquisadores. Para uma compreensão sobre os resultados pode ser feita uma consulta à obra (Inhelder e Piaget, 1976, cap. 3).

explicações científicas sobre o fenômeno, revelando uma crescente complexidade das concepções e explicações causais.

Esse movimento iniciava-se com explicações muito simples, como por exemplo, “esse patinho bóia porque gosta de nadar”, que mostra um caráter animista, em que crianças muito novas (em torno de 4 anos), devido à sua maneira de conceber o mundo, projetam ações “deliberadas” aos objetos inanimados. Com crianças um pouco mais velhas, os investigadores verificaram que as explicações baseavam-se no peso dos objetos e, com a evolução da idade passavam a considerar outras propriedades que iam, paulatinamente, incluindo a comparação entre o peso do objeto e seu tamanho, ou seja, começavam a elaborar uma noção preliminar de peso específico (o peso total comparado ao tamanho), que é próxima à ideia de densidade.

Já no início da adolescência, com a evolução das formas de pensar e do amadurecimento das possibilidades de raciocínio dos indivíduos, esses estudos revelaram a inclusão de novos elementos explicativos para os fenômenos e, principalmente, da formação do conceito de volume e de sua diferenciação do conceito de forma. Ou seja, adquiriam a noção fundamental de conservação de volume (por exemplo, no caso de objetos maleáveis, como as “massinhas de modelar”, admitem que o volume não se altera se mudarmos o formato da “massinha”). Esse amadurecimento vem, então, facilitar a construção da noção de densidade, que é a propriedade mais importante para o entendimento da lei de flutuação dos corpos.

Nas palavras dos pesquisadores: “Essa lei de flutuação constitui também uma relação única e não contraditória. Ora, para chegar a essa relação, é necessário eliminar inicialmente, uma série de contradições que muitas vezes é difícil evitar (na medida, por exemplo, em que a explicação é orientada na direção apenas do peso, é possível acontecer que os corpos mais pesados flutuem, ou, então, que isso ocorra com os mais leves); depois, é preciso separar o elemento comum a várias explicações diferentes (peso, volume, ar etc). (Piaget e Inhelder, obra citada, p. 15 e 16). Essa condição significa que para se chegar a uma explicação única, válida para todos os objetos é necessário haver o controle de variáveis, que se constitui em um procedimento que dificilmente é realizado de forma intuitiva pelos sujeitos.

No sentido de organizar atividades de ensino que levem os alunos a uma evolução das suas explicações para o fenômeno, considerando que isso pode ocorrer em diferentes graus de aproximação da explicação científica, é muito importante não apenas compreendermos as possíveis explicações espontâneas do pensamento infantil, mas também as explicações científicas sobre o fenômeno.

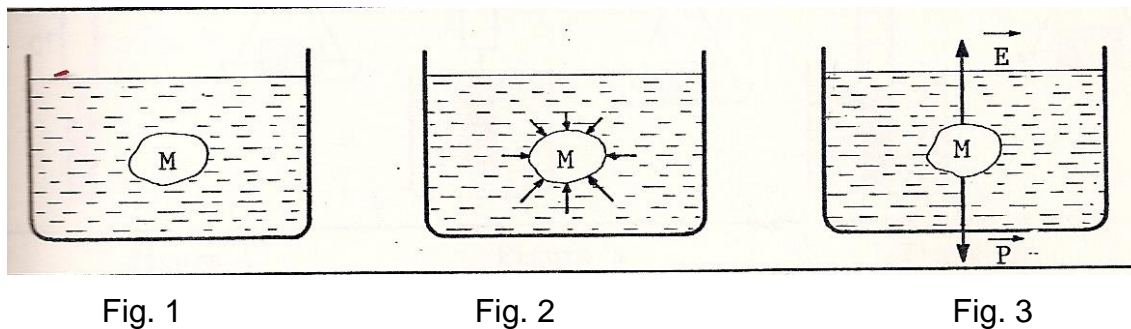
Porque os objetos flutuam? As explicações científicas

Em grande parte dos livros didáticos atuais sobre Ciências, o tema flutuação dos corpos começa a ser tratado nas séries intermediárias no ensino fundamental. Nesses textos, em geral, as explicações científicas aparecem em termos do Princípio de Arquimedes, que usa o conceito de Empuxo, ou com a Lei de flutuação dos Corpos, que trabalha com o conceito de Densidade.

Trataremos aqui de ambas. Em situações de ensino deste tema, dependendo da série em que este for desenvolvido e do enfoque que for dado ao mesmo ambas podem ser abordadas. Em particular, como discutiremos adiante, nas séries iniciais do ensino fundamental o caminho explicativo que envolve a densidade dos objetos torna-se bastante atrativa, no sentido de se construir os diálogos entre as ideias que os alunos podem trazer para as aulas e os conceitos científicos.

O empuxo

Quando tentamos fazer afundar uma bola de borracha na água, é bem fácil observar a forte ação da água sobre a mesma. Fica difícil mantê-la submersa e quando a soltamos, ela sobe rapidamente, às vezes “pulando” fortemente para cima. Essa ação da água é chamada de Empuxo e consiste de uma força dirigida de baixo para cima sobre o objeto imerso e é o resultado da pressão da água sobre o mesmo, como ilustram as figuras 1, 2 e 3.



Como além do empuxo o objeto, mesmo submerso, também está sujeito ao peso, sua flutuação vai depender da intensidade do empuxo em comparação com o peso ². Para avaliarmos qual será o resultado final no corpo, precisamos saber medir essas forças.

O peso dos objetos pode ser facilmente calculado a partir do valor de sua massa medida em uma balança. Para avaliarmos o empuxo, podemos recorrer aos estudos realizados por Arquimedes que elaborou o seguinte princípio: “todo corpo imerso total ou parcialmente em um líquido em equilíbrio, recebe por parte deste uma força vertical, dirigida para cima, cuja intensidade é igual ao peso do volume do líquido deslocado”.

Assim, quanto maior a quantidade de líquido que o objeto desloca ao ser colocado na água, maior será o empuxo. Ao medirmos o volume deslocado poderemos saber qual será o valor do empuxo e compararmos ao peso. Essas possibilidades de comparação, possivelmente, geraram a lenda que Arquimedes teria conseguido resolver a tarefa que lhe fora encomendada pelo Rei Ierão de descobrir se a coroa que encomendara a um ourives era de fato de ouro maciço.³

² Na linguagem cotidiana, frequentemente utilizamos a palavra peso para denominar a propriedade do corpo medida por uma balança. Na física, há uma diferença entre a massa de um corpo e o peso. De um modo simplificado, a massa pode ser considerada como a quantidade de matéria que um corpo possui e seu valor é expresso, por exemplo, em gramas(g) ou kilogramas (Kg). O peso é considerado como a força que é exercida pela Terra sobre o corpo e é expresso em unidades de força, por exemplo, em newtons (N). Como essas grandezas são proporcionais (quanto maior a quantidade da matéria, maior a força exercida pela Terra, podemos no caso do fenômeno de flutuação, trabalhar com a grandeza peso ou com a grandeza massa, em um nível simplificado, para explicar o comportamento de objetos.

³ Para melhor compreensão desta questão, propagada nos livros didáticos de ciências é preciso aprofundar nos aspectos históricos Ciência sobre esse tema, tratado no artigo de Martins (2000): Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. (ver bibliografia).

A densidade e a lei de flutuação

Se quisermos explicar porque os objetos flutuam ou afundam usando apenas algumas de suas características podemos utilizar uma “regra” que vale para qualquer objeto e foi estabelecida e aceita cientificamente que hoje é denominada de Lei de Flutuação dos Corpos, pode ser deduzida a partir do Princípio de Arquimedes ⁴.

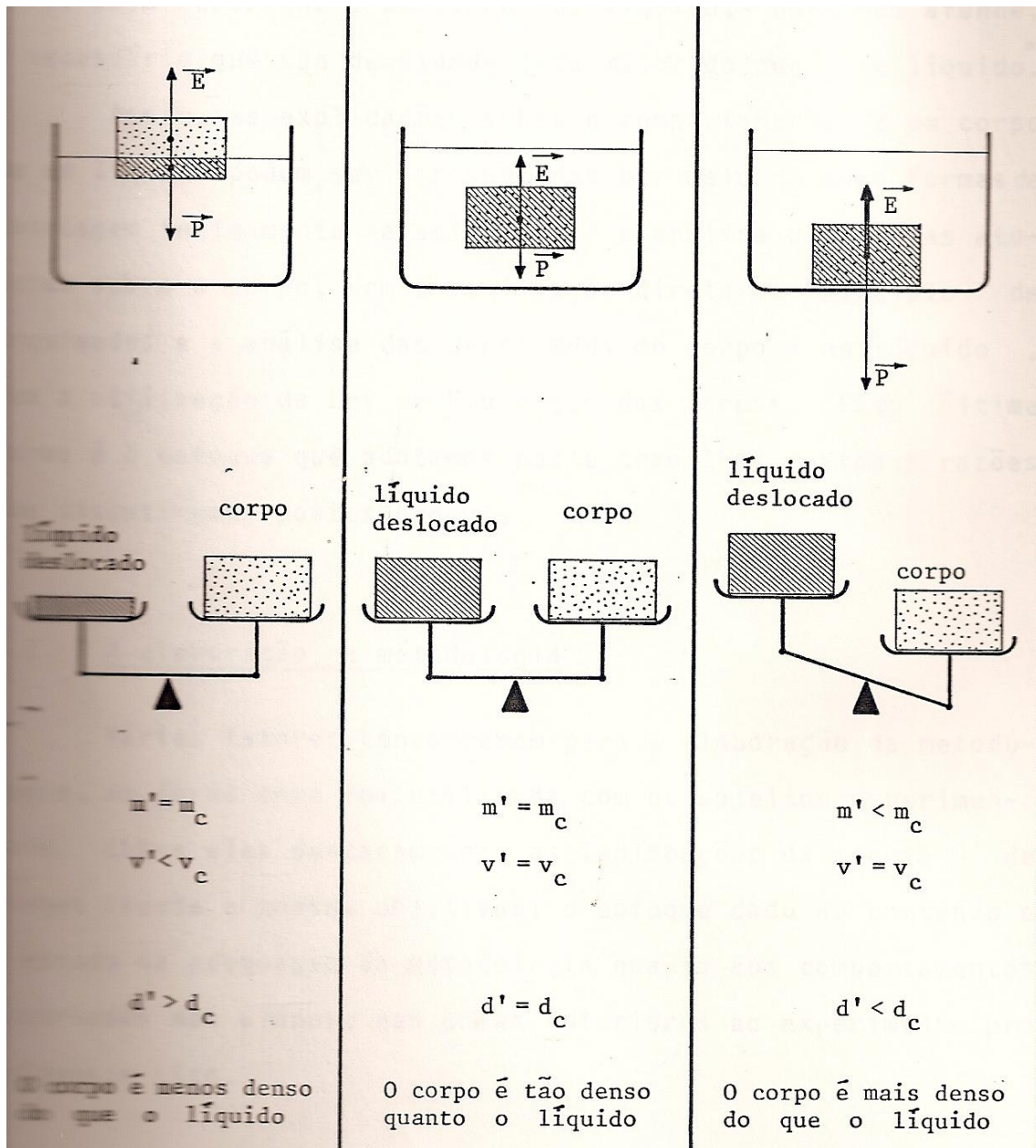
Esta lei física trata das condições nas quais um corpo flutua ou afunda quando colocado em um líquido. Ela estabelece que:

- a) Para um corpo flutuar, é necessário que sua densidade seja menor que a densidade do líquido;
- b) para um corpo afundar, é necessário que sua densidade seja maior do que a densidade do líquido;
- c) se as densidades do corpo e do líquido forem iguais, o corpo fica em uma situação limite, imerso e em equilíbrio no “seio” do líquido.

Assim, nas três situações, a densidade do corpo é a propriedade mais relevante do corpo. Calcular a densidade dos corpos e dos líquidos é um procedimento fácil, pois como é baseada na relação entre a massa e volume do corpo (ou de porções do líquido), basta estabelecer a razão (o quociente) entre essas propriedades e podemos prever se um objeto vai flutuar, afundar ou ficar em “situação limite”.

Uma análise cuidadosa das figuras a seguir pode ajudar na compreensão das relações entre as duas formas de explicação científica para o fenômeno.

⁴ Um exemplo de dedução, feita para corpos com volume bem definido, pode ser consultada em Abib, 1883, obra referida na bibliografia do capítulo.



O ensino sobre a flutuação dos corpos: Diálogos em três versões

Alguns estudos científicos sobre o ensino da flutuação dos corpos buscaram compreender formas de atuação dos professores e dos alunos em aulas sobre o ensino deste tema (Abib, 1988; Carvalho e outros, 1998). Baseados principalmente nos trabalhos de Piaget e suas contribuições para o ensino de ciências, organizaram propostas para o ensino desse tema e as aplicaram em inúmeras classes da escola básica. Os resultados dessas investigações mostraram-se bastante promissores seja quanto à mobilização

das ações dos alunos, seja com relação à evolução das idéias por eles apresentadas nas aulas.

Na perspectiva dessas propostas, a aprendizagem em ciências é entendida não como processos voltados simplesmente à memorização de fatos, nomes, leis científicas com o intuito de suas aplicações em situações diversas, mas de um processo de reorganizações de idéias. Nessa forma de ver a aprendizagem, o ensino é organizado principalmente pela proposição de problemas e desafios para os alunos e um ambiente de sala de aula, que muitas vezes inclui a observação, a experimentação e a discussão sobre os fenômenos estudados, que propicie uma busca de soluções para os problemas propostos. É nesse tipo de ambiente, que fomenta novas ações e idéias que as crianças podem exercer seu pensamento sobre as coisas e, à medida em que compartilham dúvidas e descobertas com o professor e com os colegas que podem passar, de visões intuitivas sobre o que ocorre à sua volta para compreensões mais adequadas e próximas das explicações científicas. Nesses movimentos, o papel de mediação do professor é essencial, pois cabe a ele promover diálogos entre as visões dos alunos e os conhecimentos científicos.

Com esse propósito, as atividades a serem feitas durante as aulas devem ser estruturadas de modo que levem, na medida do possível, a um desafio “ideal” de dificuldade, de modo que não seja tão fácil a ponto de não fazer o aluno avançar em seus conhecimentos e suas formas de raciocínio, nem tão difícil a ponto de tornar o obstáculo intransponível. Assim, em cada aula, com cada grupo de alunos uma das tarefas do professor é observar com atenção às dificuldades que surgem no sentido de um ajustá-las em diferentes momentos da aula.

A seguir, propomos duas versões principais que podem organizar aulas para serem desenvolvidas no ensino fundamental, em especial nas séries iniciais sobre o tema da flutuação dos corpos. Tais versões estão elaboradas com diferentes níveis de dificuldade e foram pensadas de modo a permitir adaptações para diferentes séries e diversos contextos escolares, incluindo alternativas para o desenvolvimento das atividades propostas com o uso de materiais experimentais simples e de fácil acesso.

Versão 1 - Para início de conversa: o destaque ao “peso” dos objetos

Os resultados das investigações anteriormente mencionadas revelaram que essa abordagem do tema, que enfoca a influência do “peso” dos objetos⁵, pode ser desenvolvida com crianças logo nas primeiras séries do ensino fundamental.

No livro desenvolvido por Carvalho e colaboradores (1998) há a proposição de uma atividade muito interessante para estabelecer o diálogo entre as explicações espontâneas mais comuns dos alunos dessa fase de escolaridade e as explicações científicas. Nessa situação particular, no sentido de viabilizar uma primeira aproximação para o tratamento do fenômeno da flutuação, a proposta de ensino é feita com uma simplificação do fenômeno a ser estudado, pois trabalha com situações relacionadas à flutuação de objetos que podem sofrer alterações apenas de peso⁶. Na atividade proposta para os alunos, utiliza-se um pequeno frasco plástico com um orifício em cada uma das extremidades, e uma mangueirinha fina, que pode ficar acoplada em uma dos orifícios. Este conjunto, frasco e mangueirinha acoplados (ver fig. ...) ao serem colocados em uma bacia com água, pode funcionar como se fosse um “submarino”, pois sugando ou assoprando ar pela mangueirinha, a água do recipiente pode entrar e sair pelo outro orifício do frasco, levando o objeto a flutuar ou afundar.

A atividade do submarino e os diálogos sobre o fenômeno

Segundo a proposta apresentada (livro citado), a atividade em aula inicia-se com a apresentação dos materiais da experiência: uma cuba com água e o submarino. Na sequência, o problema é apresentado à classe, com a seguinte formulação:

⁵ Aqui estamos utilizando o termo peso como é comumente referido na linguagem coloquial. Em linguagem científica, o peso não é uma propriedade do objeto. Em termos científicos, a propriedade em pauta seria a massa do corpo (medida por uma balança).

⁶ Nesse caso, as outras propriedades também relevantes para o fenômeno da flutuação, como o seu volume, são mantidas inalteradas.

“Vocês vão tentar descobrir o que fazer para o submarino subir e descer na água, quer dizer, pra ele flutuar e afundar” (p. 70)

O desafio proposto instiga a curiosidade das crianças, e em um ambiente lúdico e estimulante, as crianças começam a fazer várias tentativas para resolver o problema⁷.

Os diálogos necessários entre as explicações dos alunos e as científicas já podem se iniciar, com as intervenções do professor, durante a experimentação dos alunos em pequenos grupos e na roda de conversa organizada na classe pela professora ao término da experimentação com os materiais.

No decorrer da atividade e dos animados diálogos que ocorrem, as crianças explicitam suas idéias usando seus conhecimentos, suas percepções e linguagem própria: “quando chupamos pela mangueirinha a água entra e o vidrinho afunda”; “pra subir tem que assoprar pra água sair”.

Os processos de mediação no sentido de auxiliar os alunos a aprender aspectos novos sobre o fenômeno desenvolvem-se por meio de várias perguntas, observações e organização das trocas de idéias: “Como foi que vocês fizeram? Dá pra contar direitinho o que acontece? Ou ainda, para promover a busca das possíveis causas do fenômeno: “Mas, por que isso acontece?”

As respostas e as inúmeras intervenções dos alunos vão tecendo uma profusão de trocas de ideias: “porque sai o ar e entra água”, “porque a água pesa mais no vidrinho”, “com ar fica mais leve e sobe”, ou ainda, “porque fica mais pesado com a água dentro”.

Assim, as conversas promovidas pelas interações entre os alunos, estimuladas pelas perguntas da professora e intervenções da professora vão proporcionando um aprofundamento das interpretações sobre o fenômeno. Baseados em descrições sobre suas ações, ao falarem sobre o **como** resolveram o problema, os alunos podem evoluir para as explicações causais ao elaborarem respostas sobre os motivos ou **“o porquê”** dos fenômenos

⁷ As tentativas dos alunos para solucionar o problema, suas conversas e a mediação de professoras podem ser observadas em um vídeo disponível em www.feusp/lapef, que consiste em um dos vídeos denominados no site por Atividade de Conhecimento Físico.

observados. Dependendo das diferentes idéias dos alunos e das interações promovidas na classe, tais explicações podem incluir diferentes aproximações das explicações científicas, que nesta situação específica trata-se essencialmente do peso dos objetos como alguns dos alunos claramente enunciam.

É muito importante destacar que a formulação do problema – ponto fundamental deste tipo de atividade-, foi pensada em função de três princípios básicos:

- ser apresentado em linguagem clara e acessível para alunos nessa etapa de escolaridade e com uma situação de desafio que os motive a buscar uma solução por meio de suas ações;
- levar em conta as possíveis explicações dos alunos para o fenômeno estudado e caminhos para a aproximação das explicações científicas.⁸
- possibilitar uma solução compatível com as condições do contexto da sala de aula.

Nesse sentido, a experimentação está pensada como uma investigação dos alunos para a solução de um problema, novo para eles. Não se trata de levá-los à simples manipulações de objetos, mas sim fazê-los exercer seus pensamentos sobre os fenômenos. Assim, é fundamental que a situação proposta permita variações das suas ações, escolha de objetos, opções para decisões diversas por parte dos alunos, intermediadas pelas ações do professor. A situação desta forma organizada deve promover estímulo a ações e pensamentos criativos, com adaptações às suas necessidades específicas de reflexão, de modo que as aprendizagens resultantes para cada aluno e para grupo podem variar dependendo de seus conhecimentos prévios e da natureza de suas interações no ambiente da sala de aula.

⁸ Estudos e/ou conversas preliminares com crianças para a compreensão sobre suas concepções espontâneas sobre o fenômeno em foco são essenciais para a organização de atividades dessa natureza.

Uma atividade alternativa: substituindo o “submarino”

No caso de dificuldade de montar os “submarinos” ou mesmo de apresentar uma atividade preliminar ou complementar à discutida anteriormente, o professor pode utilizar frascos com tampa móvel, nos quais a variação do peso possa ocorrer colocando algo em seu interior, por exemplo, pequenas bolinhas de vidro ou outros objetos pequenos. Nesta atividade, o problema proposto precisaria ser adaptado para algo como: **“Vocês vão tentar descobrir o que fazer para o frasco subir e descer na água, quer dizer, pra ele flutuar e afundar”**.

A condução da atividade, a partir da apresentação dos materiais e do problema, pode ser conduzida de forma semelhante à atividade do submarino. No entanto, no sentido de incentivar a busca criativa da solução do problema e a riqueza e variedade das trocas de ideias é importante preparar para a aula uma pequena caixa com materiais que permitam ações variadas dos alunos (frasco e pequenos objetos que possam ser colocados no interior do frasco como bolinhas de vidro, pregos, bolinhas de materiais plásticos, pequenas arruelas, pedrinhas, massa de modelar etc).

Nas versões de diálogos a seguir, apresentamos propostas de duas atividades (versão 2 e versão 3) que foram pensadas para introduzir dois fatores muito importantes para a compreensão da flutuação: o volume dos objetos e a questão do equilíbrio de corpos abertos. Assim, tais atividades vão na direção de proporcionar um avanço nas explicações baseadas apenas no “peso” absoluto como na Versão 1 para explicações que incorporam a ideia de peso específico, na medida em que permitem a comparação do peso com o volume do objeto.

Versão 2 – Enriquecendo o diálogo: peso, tamanho e equilíbrio na água

Como mencionamos no início do capítulo, as explicações espontâneas das crianças sobre a flutuação evoluem paulatinamente de explicações centradas no peso dos objetos para idéias que indicam um início da relação

entre o peso do objeto e seu tamanho, ou seja, revelam a elaboração de noções preliminares sobre o peso específico.

Essa noção, mesmo que apresentada de forma preliminar é o foco principal de novas possibilidades de diálogo na direção de uma maior aproximação com as explicações científicas sobre a flutuação dos corpos.

Um exemplo de atividade para introduzir essa questão foi também proposta por Carvalho e colaboradores (obra citada), na Atividade do Barquinho⁹, que descrevemos brevemente a seguir.

Os alunos recebem folhas de papel de alumínio (aproximadamente 30 cm de lado), várias arruelas de metal e uma bacia com água. O professor propõe o problema: **“Como será que a gente faz para construir um barquinho que, na água, consiga carregar o maior número de pecinhas sem afundar?”** (p.78).

Em aula, o professor também pode incrementar o desafio acrescentando, “vamos ver qual o grupo que consegue fazer o barquinho vencedor...”.

Como na atividade do submarino, as inúmeras situações em que esta atividade foi proposta em sala de aula mostram um enorme envolvimento dos alunos e o sucesso da atividade em termos das elaborações de explicações para a flutuação. De início, começam a construir barquinhos “de dobradura” que usualmente aprendem a fazer em brincadeiras de seu cotidiano, mas logo verificam que ao se colocar arruelas em suas laterais o seu equilíbrio fica muito instável, levando-os muitas vezes a fundarem com poucas arruelas. Para contornar essa dificuldade, os alunos passam a tentar construir barcos com outros formatos como canoas, botes e “balsas” com formas irregulares. Nesses momentos é que a intervenção do professor torna-se essencial no sentido de interagir com os grupos, discutindo o que ocorre, quais as vantagens e desvantagens de cada barco e, se necessário, sugerindo modificações em suas ações.

No momento da roda de conversa após a “disputa” entre os grupos onde se pode comparar o sucesso (ou não) das várias “embarcações”, surgem as questões da importância de se manter o equilíbrio, para impedir a entrada da

⁹ Com vídeo também disponível em WWW.fe.usp.br

água da bacia (com aumento do peso interno) e o tamanho dos barcos. Em geral, fica evidente que os melhores barcos são aqueles que ficam com melhor vedação e maior volume interno, como é o caso de algumas das “balsas” construídas com laterais altas.

Em função dos relatos sobre **como** resolveram o problema e das discussões sobre as explicações para os fatos observados, o professor pode promover vários níveis de sistematização das idéias trabalhadas na atividade. Desenhos e relatos individuais são muito importantes e podem auxiliar uma sistematização geral sobre elaborada coletivamente em um texto compartilhado a respeito dos **porquês** dos fenômenos observados. Nos diálogos e construções compartilhadas e intermediadas pelo professor é importante que fiquem explícitas a importância do peso total do barco e também de seu volume interno como as características importantes para a flutuação.

Embora tal atividade possibilite um avanço no entendimento da flutuação, suas explicações ainda são bastante parciais e restritas à situação particular em que se desenvolve (objetos abertos e materiais delimitados). Para avançar na direção de uma compreensão sobre o peso específico e a densidade, no sentido de sua relação quantitativa entre a massa do objeto e o seu volume total é preciso introduzir os aspectos quantitativos relativos às medidas de massa e volume dos objetos. É o que propomos na Versão 3, a seguir.

Versão 3 – Novas palavras e significados: medindo as variáveis relevantes para a flutuação

Em função de promover uma abordagem que envolva as características relevantes do objeto, o peso (ou a massa) e o volume, em seus aspectos qualitativos e quantitativos, a atividade neste caso está organizada com um maior grau de complexidade, incluindo instrumentos de medida.

Os materiais para a atividade consistem de 3 frascos (com tampas móveis) e tamanhos variados (mas próximos)¹⁰, diversas bolinhas pequenas de

¹⁰ Para que os volumes dos frascos possam ser medidos em uma proveta é necessário que eles caibam dentro das provetas.

vidro ou outro material (de tamanhos aproximadamente iguais), provetas¹¹ graduadas, balança (opcional) e uma bacia com água. Para que a atividade propicie situações em que se observe que a flutuação depende da relação entre o peso do corpo e seu respectivo volume, é preciso promover comparações entre objetos de diferentes tamanhos e os pesos máximos que cada um deles suporta na flutuação, ou seja, seu “peso limite” (mais precisamente, sua “massa limite”). Assim, toma-se três recipientes A, B e C ordenados em função do seu volume e monta-se um desafio aos alunos que, com base nas observações sobre os pesos limites do menor deles (A) e do maior deles (C) devem estimar o peso limite do frasco de volume intermediário.

O problema desencadeador das atividades pode ser apresentado com a seguinte formulação: ***“Vejam estes três frasquinhos. Eles estão colocados aqui por ordem de tamanho (A, B e C). Imaginem que são barquinhos que vamos usar para transportar passageiros para atravessar um rio. As pessoas para nós seriam as bolinhas, que podemos colocar dentro. Com esses materiais, vocês vão tentar descobrir quantas bolinhas podemos colocar no barco B sem colocá-lo na água”.***

Dependendo dos conhecimentos das crianças sobre a noção de volume dos objetos e do que já sabem sobre a flutuação, o grau de desafio aos alunos precisará ser avaliado pelo professor de modo a ajustá-lo em função das dificuldades que os alunos vão apresentar na situação proposta. É possível que em certos grupos as iniciativas já se apresentem na direção de resolver o problema, em outros, poderá ser necessário sugestões de como proceder.

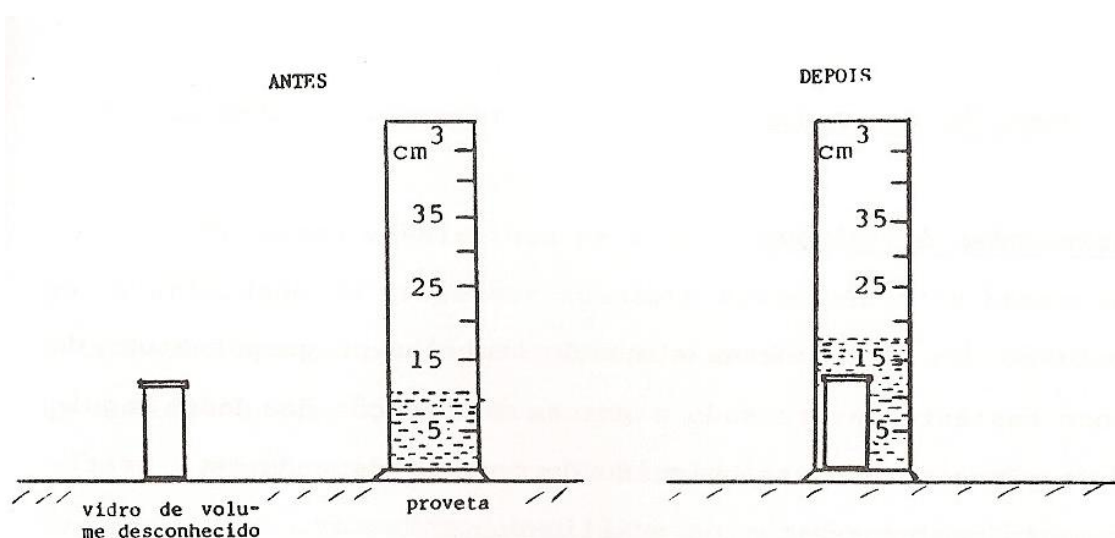
Os alunos poderão iniciar com um dos frasquinhos, por exemplo, o menor deles (A), e irem colocando bolinhas em seu interior, testando a cada acréscimo se ocorre a flutuação. No caso, a questão é chegar em um determinado número de bolinhas que faz com que o “barco” fique em sua capacidade máxima, ou seja, na condição em que os objetos ficam prestes a afundar (situação limite). O mesmo pode ser feito para o frasco maior (B).

¹¹ As provetas podem ser facilmente montadas com recipientes plásticos nos quais podem ser feitas marcas com as graduações de volume. Algumas garrafas de água saborizada de formato cilíndrico são bastante apropriadas. Dependendo das condições da escola, esses “instrumentos” para medir o volume podem ser feitos pelas próprias crianças durante as aulas de ciências e/ou de matemática.

A partir deste ponto, a solução do problema de avaliar o número de bolinhas que o frasco de volume intermediário vai suportar, exige a hipótese de que há uma uniformidade no comportamento dos objetos. Em outras palavras, que há uma relação de proporção entre o volume dos objetos e sua massa (ou o peso), quando estes ficam em situação limite.

Assim, a solução do problema vai depender da medida (ou estimativa) tanto dos valores da massa (que pode ser estimada pelo número de bolinhas ou medida em uma balança) e dos valores de volume.

A medida do volume dos frascos no caso é uma das atividades mais importantes para o aprofundamento dos conceitos fundamentais para o entendimento da flutuação. A critério do professor e das possibilidades dos alunos, algumas alternativas podem ser escolhidas para se medir os volumes dos objetos utilizados. A nosso ver, é bem interessante que os alunos aprendam um procedimento bastante simples que consiste em utilizar uma proveta com água (ou tubo plástico previamente graduado) e medir o deslocamento do nível da água quando o objeto é imerso no líquido. As figuras a seguir ilustram este procedimento.



Obs: No exemplo da figura, o volume do objeto é de aproximadamente 7 cm^3

Após a realização das medidas e das estimativas feitas pelos grupos, o professor poderá fazer uma sistematização dos resultados da classe. Para visualizar o conjunto dos resultados e promover a discussão sobre uma

generalização dos mesmos, pode ser elaborada coletivamente na lousa uma tabela que registre os valores medidos para A e C e os valores estimados para B. Ao final, os alunos poderão testar alguns dos objetos B, para discutir o grau de aproximação das previsões realizadas ou, com base na tabela, estimar valores de massa para objetos não estudados. Esse procedimento de buscar uma generalização dos resultados é essencial para uma preparação para a compreensão da explicação científica dada pela Lei de Flutuação dos Corpos.

O papel do professor no desenvolvimento das atividades

Nas três versões apresentadas, a organização da aula, seja com relação ao plano global das atividades, seja quanto ao desenvolvimento das mesmas, sem dúvida, está baseada em uma postura muito especial do professor.

De início, é preciso decidir em que momentos essas atividades poderiam ser inseridas e qual das versões seria mais adequada para seus alunos. O professor pode, ainda, optar por uma combinação de versões ou criar outras. Com atividades de enfoque semelhante.

Durante o desenvolvimento de cada uma das propostas, o professor precisa estar **observando sempre e de modo muito cuidadoso**, quais são as iniciativas dos alunos, quais são suas principais dificuldades e dúvidas. Com base nesse acompanhamento contínuo das ações o professor poderá desenvolver a mediação necessária ao diálogo entre as possibilidades de atuação e as idéias dos alunos e as concepções e explicações científicas que deseja ensinar.

Para isso, cabe ao professor **graduar o desafio proposto** em cada atividade de modo que as dificuldades possuam um grau “ideal”, o que significa que estas não podem ser tão difíceis a ponto de levar o aluno a desistir, nem tão fáceis que não estimulem o desencadear de ações e o esforço necessário para progredir e avançar. Nesse sentido, o professor precisa muitas vezes fazer sugestões sobre como os alunos podem proceder, mostrar aspectos e fenômenos importantes de serem observados, explicar as noções envolvidas e esclarecer as dúvidas apresentadas. Em suma, uma mediação conduzida sob o princípio fundamental de promover um ambiente de diálogo no grupo e entre as idéias explicitadas e as científicas.

Além desses aspectos, é fundamental que sejam promovidas sistematizações sobre o que foi aprendido após a solução de cada desafio. Com crianças menores podem ser solicitados desenhos e pequenos textos. Podem ser feitos também sistematizações coletivas em textos compartilhados e organizados pela professora. Ainda, podem ser sugeridas leituras e busca de informações em uma perspectiva interdisciplinar de integração com outras áreas do conhecimento e a utilização em situações práticas.

Referências bibliográficas

- ABIB, M. L. V. S. Física, no ensino fundamental? In: Pavão, A. C.; Freitas, D. (Org.). *Quanta Ciência no Ensino de Ciências*. 1ª ed. São Carlos: EDUFSCar, 2008, v. 1, p. 123-140.
- ABIB, M. L. V. S. Uma abordagem piagetiana para o ensino da flutuação dos corpos. *Textos: Pesquisas para o ensino de ciências*. N 2, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1988.
- ABIB, M. L. V. S. A interferência do nível de desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de um conteúdo de física. *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 1983.
- CARVALHO, A. M. P.; VANNUCHI, A.I.; BARROS, M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; REY, R.C. *Ciências no Ensino Fundamental O conhecimento físico*. São Paulo, Scipione. 1998.
- INHELDER, B.; PIAGET, J. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo, Pioneira, 1976.
- LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de La educación científica. *Nuevas formas de vivir nuevas formas de aprender*. *Ensenanza de las ciencias*, 2006.
- MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 17, n.2, p.115 a 121, ago, 2000.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança*. Rio de Janeiro, Zahar, 1971.