

MARIA LÚCIA VITAL DOS SANTOS ABIB

UMA ABORDAGEM PIAGETIANA PARA O ENSINO DE FLUTUAÇÃO DOS CORPOS

São Paulo 1988

Prefacio

AO PROFESSOR

Quando aluna, tive muita dificuldade em aprender Física e quando professora, em ensiná-la.

As lacunas do não compreendido geraram uma necessidade de aceitar o desafio de enveredar cada vez mais pelo processo de aprender-ensinar.

Como aluna, fiz tentativas variadas. Percebi, na maioria das vezes, que as aulas não ajudavam muito. Mais tarde, conseguia extrair das aulas algumas "pistas" para estudar em casa, quando, através de reflexões em leituras, exercícios e relatórios, algumas noções ficavam mais claras. Em geral, costumávamos estudar em grupo, para resolver as famosas "listas de exercícios" e nas vésperas das provas. Com a troca de idéias o entendimento melhorava bastante.

Como professora, também usei vários métodos. No início, para ensinar os assuntos como eram definidos nos livros didáticos, a minha preocupação central era preparar bem as explicações que daria em aula. Montava cuidadosamente as exposições a serem feitas, com todo seu encadeamento, exemplos e exercícios. Durante as aulas, as expressões atentas e admiradas dos alunos alternavam-se com momentos de um torpor e de uma sensação de desânimo durante a resolução de exercícios. Apesar de meu empenho, a frustração era imensa na correção das provas. Troquei várias vezes o livro didático a ser seguido, mas não adiantava.

Mais tarde, comecei a usar com frequência o trabalho em grupo, o estudo de textos orientado por questões, fazia alguns experimentos demonstrativos, propunha outros a serem realizados pelos alunos, sempre na medida das possibilidades. Com estas alterações, a melhora na participação e interesse dos alunos era evidente. Nas provas, como as minhas metas também já haviam sido ampliadas, além dos exercícios clássicos, eram incluídas algumas questões conceituais. Os resultados melhoraram, mas ainda eram bastante insatisfatórios.

O trabalho que aqui apresento é fruto da busca de alternativas para uma melhoria na aprendizagem da Física. Fundamentado na Teoria de Piaget e construído, aula após aula, no convívio com os alunos, este consiste de uma proposta metodológica bastante diferente do que habitualmente encontramos como ensino de Física em nossas escolas do 2º grau. Devido a este fato, pareceu-me necessário fazer uma descrição bem detalhada dos procedimentos utilizados e discussões que possam orientar a ação do professor.

O conteúdo tratado e o fenômeno da flutuação dos corpos, mas os aspectos metodológicos centrais — como já tive oportunidade de constatar — podem ser aplicados para o estudo de outros fenômenos.

Desta maneira, os procedimentos sugeridos podem ser aplicados de um lado, tal qual descritos, ou de outro, podem servir como exemplos para o ensino de outros conteúdos, com as devidas adaptações.

No primeiro caso, teriam um papel semelhante à de um "manual de instruções", o que exigiria do professor sucessivas consultas, de modo a permitir as decisões necessárias à adequação para situações particulares de cada classe. No segundo caso, uma análise dos aspectos mais globais e o estudo do próprio processo de montagem das aulas poderiam sugerir ao professor indicadores a adaptação a outros conteúdos.

Naturalmente, não quero dizer com isso que todos os assuntos comumente estudados no 2º grau deveriam ter, na íntegra, esse tipo de abordagem. A meu ver, ela ocupa um papel bastante importante em um conjunto de métodos que podem ser utilizados em classe. Tal importância deve-se tanto pela sua consistente fundamentação teórica, como pelos resultados extremamente favoráveis quanto ao envolvimento do aluno.

Nessa nossa trajetória de aprender a ensinar, estou convencida que o mais difícil é o abandono de idéias já enraizadas e o atrever-se a arriscar novos caminhos. Entretanto, é inegável a necessidade de introduzir profundas

mudanças no ensino de Física: não apenas nos métodos, mas também nos conteúdos que costumamos ensinar, em função de uma, revisão das próprias finalidades do ensino desta disciplina no 2º grau. Mas, para tal, é necessário um empenho coletivo de todos aqueles que estão interessados na construção e implementação de processos que contribuam para — como disse Piaget — "formar mentes que possam ser críticas, que possam verificar, e não aceitar tudo que lhes é oferecido" e de "homens capazes de fazer coisas novas e não simplesmente repetir o que outras gerações têm feito".

Desejo agradecer à Profa. Dra Anna Maria Pessoa de Carvalho, que muito contribuiu para a elaboração deste trabalho com suas críticas, apoio e dedicação incansáveis.

Ainda, de um modo muito especial, quero agradecer aos meus alunos que — apesar de todas as dificuldades da carreira de um professor — sempre mantiveram viva a vontade de buscar novos caminhos e reafirmaram a cada momento a nossa infinita capacidade de aprender.

Novembro, 1988 Maria Lúcia Vital S. Abib

UMA ABORDAGEM PIAGETIANA PARA O ENSINO DE FLUTUAÇÃO DOS CORPOS

De forma geral a relação entre a pesquisa relacionada ao ensino de Ciências e a prática educacional tem sido fria e distante, sendo urgente e necessário aproximá-las para benefício dos estudantes.

Esta série constitui uma tentativa de levar até o professor o resultado daquelas investigações que podem auxiliá-lo na preparação e execução de suas aulas.

Acreditamos que a procura de um ensino melhor exige a integração do resultado do trabalho de diferentes profissionais, de forma a compreender melhor como o aluno adquire conhecimento e o assimila ao conhecimento que já traz para a escola.

O trabalho aqui apresentado é parte da dissertação de mestrado da autora e representa um dos trabalhos elaborados pelo Grupo de Ensino de Ciências da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Estabelecemos para os trabalhos desse Grupo duas linhas de pesquisa. A primeira objetiva conhecer como os nossos alunos percebem e compreendem o mundo físico que os cerca, o que significa conhecer como eles vêm e explicam os fenômenos fundamentais da natureza e qual a lógica usada por eles na formação espontânea destes conceitos. A segunda consiste no estudo do ensino propriamente dito, levando-se em conta a existência de idéias prévias e de toda uma estrutura cognitiva, fruto da atividade anterior do aluno e da interação professor-aluno, aluno-aluno. Procuramos assim, estabelecer alguns parâmetros na definição de um ensino construtivista para as Ciências. A dissertação da Profa. Maria Lúcia V. dos Santos Abib pertence a essa segunda linha de pesquisa.

Alem de ser uma pesquisadora capaz, Maria Lúcia sempre foi uma professora dedicada, competente e principalmente muito preocupada com a realidade de nossa sala de aula, participando assim de nossa busca para a melhoria do ensino das Ciências,

Anna Maria Pessoa de Carvalho

1 – Introdução

"(...)
— Professor, não entendi. Dá para explicar de novo?
— O que foi que você não entendeu?
— Infelizmente, nada!

(...)."

Em nosso dia-a-dia como professores de Física, não raro vivemos situações que mostram, de maneira clara, como é grande o número de alunos que apresentam muita dificuldade para aprender Física.

Várias são as possíveis causas deste problema. Desde as que se referem à estrutura de funcionamento geral do ensino, da escola, até as que se referem ao modo de ensinar a Física e às condições inerentes ao aluno para aprender.

Com relação a este último aspecto, inúmeros estudos relativos ao ensino de ciências têm salientado que uma das características do aluno, que tem fundamental importância para a aprendizagem nesta área, consiste do nível de desenvolvimento cognitivo em que o estudante se encontra.

Diante deste fato, com a finalidade de contribuir para a compreensão desta questão e na conseqüente busca de possíveis alternativas para o ensino da Física no 2º grau, este trabalho tem como objetivo central apresentar uma proposta metodológica para o ensino de um determinado conteúdo — A Lei de Flutuação dos Corpos.

A metodologia apresentada foi elaborada com base em dois aspectos principais: as implicações da Teoria de Piaget e as concepções dos alunos, sobre o fenômeno em questão, que foram detectadas durante as aulas em que as atividades foram testadas.

No sentido de proporcionar um entendimento global da proposta, tanto com relação às várias decisões que a nortearam, como abrir campo para a implementação de seus aspectos básicos no ensino de outros conteúdos, tratamos de alguns elementos da própria teoria de Piaget, das implicações desta para o ensino da Física no 2º grau e a seguir apresentamos a metodologia em questão.

2 - Elementos da Teoria de Piaget e Implicações para o Ensino de Física

As várias propostas para o ensino de Ciências, que têm sido elaboradas nas últimas décadas em nosso país, não com seguiram modificar o panorama geral do ensino nesta área, no que se refere a prática da sala de aula.

O ensino de Física que ocorre em nossas escolas de 2º grau, salvo algumas poucas exceções, caracteriza-se ainda por uma preocupação em cumprir programações com grandes quantidades de conteúdo, pela ênfase no uso de fórmulas matemáticas e pela prática em sala de aula, quase que exclusiva da exposição do professor, alternada por resoluções de exercícios, que exigem mais conhecimentos de matemática do que propriamente uma compreensão física.

Do ponto de vista da metodologia empregada, o pressuposto básico é que basta que o professor explique "bem" para que a "transmissão" do conhecimento ocorra. Em expressões bastante usuais como: "(...) hoje, o professor deu vetores (...)", transparece a idéia de que o aluno vai à aula para receber conhecimentos. Ou seja, de que seu papel é de um mero receptor passivo de um conhecimento cuja transmissão é de responsabilidade do professor.

Subjacente a esta concepção, está a noção de que o aluno é capaz de raciocinar da mesma forma que o mestre e que as articulações lógicas feitas por este com as idéias expostas, podem ser facilmente rearticuladas mentalmente pelo aluno, uma vez que a lógica do professor e a do aluno seriam coincidentes.

Alguns dos efeitos deste tipo de trabalho em aula resultam, em grande parte dos casos, na simples memorização de fórmulas e de informações desconexas que são esquecidas em pouco tempo.

Como a nossa preocupação é a de possibilitar aos alunos uma compreensão adequada dos fenômenos físicos de modo a permitir-lhes uma interpretação atual da Ciência e do mundo de nosso tempo, além de uma atuação construtiva neste, a nossa tarefa é a de favorecer ligações entre as idéias próprias que os alunos têm sobre os fenômenos e os modelos físicos já estabelecidos.

Diante destas metas, no que se refere à metodologia utilizada, encontramos-nos diante de dois problemas fundamentais e estreitamente relacionados:

1. Por que a grande maioria dos alunos não consegue entender a Física "transmitida" pelo professor?
2. Que outros procedimentos podem levar o aluno a aprender de modo satisfatório?

A teoria de Piaget, que se constitui de uma obra vasta e de extrema importância sobre a aquisição do conhecimento, tem fornecido a indagações desta natureza algumas respostas que têm sido aplicadas em inúmeros estudos de reformulação sobre o ensino de Ciências.

2.1 - A APRENDIZAGEM SEGUNDO PIAGET

A concepção central no encaminhamento destes problemas, é que, segundo Piaget, o conhecimento não pode ser "transmitido" de um indivíduo a outro, pois sua aquisição depende de uma construção realizada ativamente pelo sujeito através de um processo de interação entre este e o meio.

Mais especificamente, a aprendizagem — um dos processos de aquisição de conhecimentos — consiste de uma assimilação do meio a estruturas cognitivas do sujeito. Em outras palavras, o sujeito aprende quando incorpora dados da realidade exterior aos moldes de estruturas específicas pertencentes ao sujeito. Trata-se de um processo análogo à assimilação de alimentos por órgãos digestivos, onde a realidade a ser assimilada pode ser um fato, podem ser as características comuns a um grupo de objetos, podem ser relações entre grandezas físicas e outros.

O aspecto essencial desta concepção de aprendizagem tem implicações importantes para o ensino. O primeiro deles é que a atuação do sujeito é fundamental, pois a interação entre indivíduo e ambiente exige uma "movimentação" própria do sujeito. Na sala de aula, isto significa que o aluno participa ativamente da responsabilidade de aprender. O segundo aspecto é que existem órgãos específicos — as estruturas mentais cognitivas — pertencentes ao sujeito que, segundo características próprias existentes em função de suas possibilidades de funcionamento, delimitarão o que pode ser aprendido.

2.2- O DESENVOLVIMENTO COGNITIVO

Os trabalhos realizados por Piaget sobre o funcionamento da inteligência levaram-no a estabelecer que os mecanismos de aquisição do conhecimento são os mesmos durante a vida do indivíduo. Entretanto, como esse processo é gerado por uma necessidade de adaptação mental do sujeito, em suas múltiplas interações com o meio, este é submetido freqüentemente a dificuldades, que provocam desequilíbrios cognitivos na medida em que as estruturas disponíveis em um determinado momento não conseguem propiciar a assimilação desejada. Nesta situação, pode ocorrer uma "desistência" do sujeito ou *uma* modificação na estrutura inicial, ocorrida em virtude de uma

compensação para o desequilíbrio provocado pelo meio.

Esse processo de desenvolvimento das estruturas cognitivas é contínuo e ocorre durante toda a vida, de forma que as estruturas posteriores são mais aperfeiçoadas que as anteriores e com raio de ação cada vez mais amplo.

Esta descoberta levou à definição de quatro períodos principais de desenvolvimento cognitivo pelos quais os indivíduos passam desde o nascimento até a idade adulta.

Os estudos até então realizados nessa área mostram que a sucessão em que os períodos ocorrem — sensorial-motor, intuitivo, lógico-concreto e lógico-formal — é a mesma para todos os indivíduos, e que cada um deles é caracterizado por estruturas cognitivas com propriedades específicas. Porém, a passagem de um período a outro não ocorre de modo repentino, mas consiste de um processo progressivo através de vários sub estágios.

Como consequência desta evolução, o sujeito passa dos períodos iniciais até aqueles em que já possui um raciocínio lógico. Ou seja, o raciocínio do indivíduo sofre modificações qualitativas durante a vida.

Com relação à faixa etária em que os períodos ocorrem, dois fatos muito importantes têm sido observados. Primeiro, que ocorre variação nas faixas etárias e que as diferenças de idade de indivíduos nos estágios finais são mais acentuadas. Segundo, que em assuntos pouco familiares para um sujeito, este pode apresentar comportamentos típicos de períodos anteriores ao que seria característico em áreas que lhe são mais conhecidas.

Em geral, os indivíduos começam a apresentar um raciocínio lógico por volta dos 7 ou 8 anos. Entretanto, a lógica inerente ao período inicial — lógico-concreto — trata-se de uma lógica incompleta. É longo o trajeto para a elaboração das estruturas do período formal, cuja configuração inicial pode ocorrer durante a adolescência, mas seu completamento ocorre em idades bastante variadas para diferentes sujeitos.

2.3 – O DESENVOLVIMENTO COGNITIVO E A APRENDIZAGEM DE FÍSICA

No sentido de responder aos problemas inicialmente propostos, uma questão intermediária impõe-se: os alunos do 2º grau, com quem trabalhamos em nossas escolas, possuem as estruturas cognitivas adequadas à aprendizagem da Física?

Como resposta a esta indagação, temos os resultados de inúmeros estudos realizados em vários países, e de alguns no Brasil, que levam-nos a acreditar que parte dos nossos alunos do 2º grau encontra-se no período concreto ou em subestágios intermediários entre os períodos concreto e formal.

Inúmeros trabalhos sobre ensino de Ciências enfatizam que as características dos pensamentos concreto e formal são de extrema importância para o ensino da Física.

No período lógico-concreto o indivíduo consegue efetuar uma estruturação direta das realidades percebidas. É capaz de reunir objetos em classes e de estabelecer relações e correspondências.

Com relação às características físicas dos objetos é importante ressaltar que é só a partir desta fase que o sujeito admite a conservação de massa e do peso: quando uma bolinha de argila é achatada, o sujeito afirma que as quantidades de massa e de peso não mudam com a alteração feita.

Porém, a estruturação de suas operações lógicas é extremamente vinculada ao conteúdo. Por exemplo, no caso das conservações mencionadas, não ocorre extensão para a noção de volume. Ou seja, diante da transformação feita na bolinha, curiosamente, o sujeito afirma que o volume desta fica alterado.

Ainda nesta fase, devido às características de suas estruturas cognitivas, o indivíduo possui sérias limitações. Não é capaz do raciocínio probabilístico, proporcional e de uma combinatória de possibilidades.

Vinculado ao raciocínio direto com objetos concretos, "o possível" existe apenas como uma extensão do "real", onde os dados da realidade são acumulados em sucessivas observações com predomínio de processos indutivos. Em síntese, o sujeito deste período não se encontra apto a entender os processos hipotético-dedutivos e controle de variáveis que são fundamentais à Ciência.

No período das operações formais, estas limitações da fase anterior são ultrapassadas. Os indivíduos são capazes de fazer abstrações que permitem o raciocínio hipotético-dedutivo e consideram a "realidade" apenas como uma das formas do que é "possível", o que lhes permite operações com todas as combinações do pensamento.

Assim sendo, como os conteúdos de Física exprimem relações abstratas, um entendimento adequado destas e da própria natureza da Ciência leva a necessidade de estruturas formais.

Em síntese, como as estruturas cognitivas ("órgãos assimiladores"), na maioria dos casos, não são adequados à efetivação da aprendizagem da Física, podemos compreender um dos motivos que leva as dificuldades dos alunos nesta disciplina.

2.4 - IMPLICAÇÕES METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DE FÍSICA NO 2º GRAU

Em função do referencial teórico aqui apresentado, podemos encontrar algumas respostas para os problemas inicialmente propostos, tanto com respeito a "não transmissão" dos conteúdos de Física, via exposição do professor, como no que se refere aos métodos alternativos para o ensino desta disciplina no 2º grau.

Com relação ao primeiro aspecto, uma vez que a aprendizagem depende fundamentalmente da participação ativa do aluno e das estruturas disponíveis, e que os instrumentos lógicos do professor não são necessariamente coincidentes com a lógica possível à maioria dos estudantes neste nível de escolaridade, as explicações dadas pelo professor a respeito de um material abstrato não estariam ao alcance de parte dos alunos.

No que se refere a uma metodologia que dê chance ao aluno para uma melhor aprendizagem em Física, as discussões apresentadas levam a duas conseqüências principais:

a) Partir de situações, em classe, que proporcionem atividades de observação e manipulações concretas, quer por um ajuste inicial às estruturas cognitivas, quer pela necessidade de fornecer elementos à familiarização de um conteúdo novo.

b) Propor atividades nas quais os alunos sejam submetidos a dificuldades e desafios à sua capacidade de raciocínio, uma vez que as situações de conflito cognitivo dão chance para que ocorra o necessário desenvolvimento das estruturas do aluno. Para tal, as dificuldades não devem ser tão grandes a ponto de inibir a ação do aluno, nem tão pequenas que não o motive a agir. Ou seja, os desafios devem ser dimensionados de modo a serem superados. Neste sentido, as condições prévias de cada aluno são fundamentais.

Estas conseqüências principais convergem no sentido de garantir a implicação metodológica central — a atividade do aluno — cujo papel é essencial tanto para que a aprendizagem ocorra, como para possibilitar as re-elaborações e desenvolvimento de novas formas de raciocínio.

É claro que, consistindo o desenvolvimento cognitivo de um processo gradual, que depende de tempo e de condições que extrapolam a sala de aula, a possibilidade da elaboração das estruturas necessárias através de algumas situações é limitada. Entretanto, acredito que é possível conseguir contribuir para avanços nesta direção, de modo que a aprendizagem de cada aluno durante o processo ocorra em função das re-elaborações das estruturas de partida.

Esta vinculação da aprendizagem ao desenvolvimento cognitivo é fundamental. Entretanto, é preciso que se tenha em mente que estamos abordando apenas um dos aspectos que condicionam a aprendizagem. Ou seja, que o pensamento formal constitui-se de uma condição necessária para a compreensão da Física, mas que não chega a ser uma condição suficiente para a garantia de bons resultados. Desta maneira, não se pode perder de vista que outras variáveis não discutidas neste trabalho devido aos limites de seus objetivos, também devem ser consideradas.

A EXPERIMENTAÇÃO

Com a finalidade de obedecer a estas implicações metodológicas gerais, a nossa proposta é colocar as atividades de investigação experimental a serem realizadas pelos alunos em posição central.

Antes de mais nada, trata-se de dar ao aluno a oportunidade de uma observação direta dos fenômenos físicos, em que o objetivo não seja o de uma simples manipulação, mas sim de levá-lo a exercer seu pensamento sobre as coisas.

Assim, torna-se fundamental que os experimentos sejam realizados pelo próprio aluno e com possibilidades de opções para que com isso possa variar as situações, em função de suas concepções sobre o fenômeno em estudo e de acordo com suas necessidades, adaptando a experimentação, dentro do possível, às suas necessidades particulares de reflexão.

Embora não seja fácil, as atividades propostas aos alunos devem ser estruturadas de tal modo, que levem, na medida do possível, a um desafio "ideal", que possa ser superado pelo aluno, se necessário, através de degraus sucessivos intermediários, com menores dificuldades encadeadas na direção de dar chance ao estudante de ultrapassar as situações de conflito impostas.

Em aulas experimentais, como as propostas em grande parte dos manuais de laboratório, onde o aluno apenas realiza uma seqüência de passos pré-determinados, sendo suficiente seguir a "receita", quase nada resta para resolver e elaborar. Por outro lado, as atividades totalmente livres, em que seria exigida uma verdadeira descoberta também seriam inadequadas, pois isso exigiria que o aluno fosse um "cientista", e que no tempo reduzido de algumas aulas, tivesse condições de redescobrir leis e propor modelos que foram elaboradas socialmente através de séculos.

Nesta proposta metodológica, a atividade experimental consiste de uma estratégia de ensino. Deste ponto de vista, o mais adequado, a meu ver, são as aulas de laboratório que levem o aluno à investigação de soluções de problemas que sejam consoantes com as concepções prévias que o estudante possui a respeito do fenômeno em pauta. Nesta abordagem, a orientação do professor e as discussões em grupo possuem um papel preponderante, tanto para o estabelecimento de limites para o grau de liberdade do aluno durante as atividades, como para o ajuste das dificuldades a serem superadas pelo grupo, de modo que a classe como um todo, consiga chegar a uma solução satisfatória para a questão investigada.

O PAPEL DO GRUPO

É importante ressaltar que neste tipo de atividade o grupo exerce um papel fundamental. Diferentes sujeitos podem observar diferentes aspectos de um mesmo fenômeno, que levam à formação de pontos de vista diversos e a uma enriquecedora troca de idéias. Nesta troca, como alunos de um mesmo grupo podem estar em diferentes condições, às formas de argumentação podem ser conflitantes, o que de um lado, exige a necessidade de uma organização das idéias de modo a expressá-las de forma clara, e de outro lado, propicia a presença de "desequilíbrios"

com possibilidade de haver contribuição para o próprio crescimento cognitivo.

O PAPEL DO PROFESSOR

Essa proposta exige do professor uma postura bastante especial, pois deve ultrapassar em muito, a simples exposição de conhecimentos.

Quanto ao planejamento global das atividades, cabe ao professor, de início, decidir quais os momentos mais adequados para propor as aulas de investigação experimental. Em seguida, deve organizar as situações de aprendizagem que propiciem desafios com grau "ótimo" para a classe, o que inclui:

1. Definir as questões a serem investigadas em linguagem suficientemente clara, para que os alunos consigam, pelo menos em grupo, realizar um planejamento para efetuar a investigação.
2. Selecionar os materiais necessários ao experimento, levando em consideração as várias concepções que os alunos possam ter sobre o fenômeno em estudo, de modo que, sempre que possível, existam opções para o aluno tomar e seguir suas próprias decisões.
3. Elaborar questões e problemas onde os conhecimentos adquiridos possam ser retomados e aplicados a outras situações.

Durante o desenvolvimento das atividades, o professor deve evitar dar "respostas prontas", mas deve orientar atentamente as discussões e as decisões dos alunos. Como ponto de referência básico, temos que sua orientação deve ter a função reguladora de "graduar" os desequilíbrios ocorridos para os diferentes indivíduos, frente às situações problemáticas.

Essa atuação constante de coordenador de discussões e de mediador de dificuldades inclui:

1. Observação contínua das reações dos alunos, de modo a poder tomar as decisões nos vários momentos da aula, ajustando sua própria ação.
2. Orientação com sugestões (que podem ser desde alternativas de procedimentos, leituras etc.), perguntas "intermediárias", esclarecimentos de dúvidas.
3. Mostrar fenômenos ou salientar aspectos relevantes destes que não tenham sido observados pelo grupo e que sejam importantes para o encaminhamento dos problemas.
4. Definir termos, grandezas, relações e outros elementos necessários ao estudo do fenômeno em estudo.
5. Promover a síntese e a organização dos conhecimentos adquiridos.

É importante ressaltar que, em uma determinada classe, em geral, os alunos encontram-se em diversos estágios de desenvolvimento. Com isso, é preciso que o professor esteja atento a este fato e, na medida do possível, seja capaz de ações diferentes para indivíduos diferentes. Assim, se para um certo aluno o desafio "ideal" é uma questão aberta e ampla, para outro, pode ser necessário uma seqüência de perguntas simples e encadeadas.

A aplicação em sala de aula de toda essa proposta metodológica, na verdade, não é fácil, pois exige do professor atitudes com as quais não está acostumado. Entretanto, as observações realizadas de aplicações desta proposta em várias escolas, levam-nos a acreditar que o esforço necessário para que essa verdadeira "inversão" de postura ocorra é altamente recompensado pela dinâmica viva da aula e pelo interesse e motivação constante dos alunos.

3 - O Ensino da Flutuação dos Corpos

Na maioria dos livros didáticos de Física para o 2º grau, a Flutuação dos Corpos é explicada através do Princípio de Arquimedes, que estabelece:

"(...) todo corpo quando imerso total ou parcialmente em um fluido do em equilíbrio, recebe por parte deste, uma força vertical dirigida para cima, de intensidade igual ao peso do volume do fluído deslocado."

Uma conseqüência que pode facilmente ser deduzida deste Princípio, e que chamamos de Lei de Flutuação dos Corpos, estabelece:

"Para que um corpo flutue em um líquido, é necessário que a densidade do corpo seja menor que a densidade do líquido; para que afunde, é necessário que sua densidade seja maior do que a do líquido."

Na elaboração da proposta metodológica para o estudo do fenômeno em questão, além das implicações mais gerais da teoria de Piaget, preocupamo-nos com as características particulares ao conteúdo a ser ensinado. Ou seja, consideramos as explicações usuais dos indivíduos a respeito da flutuação dos corpos.

Piaget e Inhelder, em um de seus experimentos, analisaram as explicações dadas frente à seguinte situação: inicialmente, pediam ao sujeito que classificassem vários objetos, quanto ao fato de flutuarem ou não na água, indicando as razões de sua classificação. Em seguida, permitiam que os indivíduos colocassem os objetos na água e solicitavam um resumo dos resultados. Essas circunstâncias dariam a oportunidade de que expressassem suas opiniões sobre as causas do fenômeno com chance de chegarem a uma explicação única, ou seja, a uma lei.

Diante disto, os sujeitos do período concreto apresentam explicações particulares a cada caso, como "este prego afunda porque é de ferro" ou "este flutua porque tem ar". A análise dos resultados mostra que neste caso existe apenas um esboço da noção de densidade, e que os indivíduos não conseguem chegar à elaboração de uma explicação única válida para todos os objetos.

Segundo Piaget, os indivíduos que ainda não elaboraram as estruturas formais não conseguem chegar à formulação de uma lei por três razões básicas:

1. Não possuem a noção de volume de forma acabada.

2. Não são capazes do controle de variáveis necessário no caso. Pois para chegar à explicação final, precisariam estabelecer comparações entre pesos diferentes na condição de volumes iguais e entre volumes diferentes na condição de pesos iguais.

3. Não possuem raciocínio hipotético-dedutivo necessário à elaboração de uma hipótese única que na verdade não corresponde a qualquer dos dados diretamente observados — a relação entre o peso do corpo considerado e o peso do volume equivalente de água, o que em última análise trata-se da lei da flutuação.

As concepções dos sujeitos a respeito da flutuação dos corpos — que também tivemos oportunidade de observar inúmeras vezes durante as aulas — levaram à opção de tratar este fenômeno não com a utilização do Princípio de Arquimedes, mas através da Lei de Flutuação.

Assim sendo, nosso objetivo central consiste em propiciar ao aluno situações de aprendizagem, que o leve à formulação da Lei de Flutuação e de sua aplicação em situações novas.

Em direção a essa meta principal, esta proposta metodológica deve, tanto quanto possível, dar

chance aos indivíduos, que ainda não se encontram no período formal, de superar as barreiras que mencionamos anteriormente a respeito de suas dificuldades para a elaboração da lei.

Neste sentido, a proposta inclui atividades que:

1. Permitem a explicitação das concepções dos alunos a respeito do fenômeno, com possibilidade de elaboração e teste experimental das hipóteses que em geral são levantadas pelos alunos sobre as causas da flutuação, com chance de utilização do raciocínio hipotético-dedutivo.
2. Propiciem o uso do método de controle de variáveis e das medidas de massa, volume e densidade de objetos e de líquido de modo a propiciar a elaboração das noções das grandezas relevantes.
3. Evidenciem o raciocínio proporcional — necessário ao entendimento de densidade —, tanto nos momentos de atividade experimental, como nas discussões e resoluções de exercícios e questões.

Essas atividades foram previamente testadas em três escolas de 2º grau (sendo duas da rede pública estadual e uma da rede particular), num total de dezesseis classes (1ºs e dois 2ºs anos dos períodos diurnos e noturnos). Com esse trabalho preliminar, foi possível estabelecer frente às atuações dos alunos durante as aulas, as principais etapas de investigação experimental, o grau de estruturação necessário a cada uma, os materiais experimentais adequados e a forma de atuação do professor.

Descrevemos a seguir os aspectos específicos da proposta metodológica em sua forma final, apresentando inicialmente sua seqüência mais ampla e em seguida o detalhamento de cada uma de suas etapas.

3.1 - ATIVIDADES PRINCIPAIS

Nesta proposta, o ensino da flutuação dos corpos efetua-se através de:

- a) três fases de investigação experimental consecutivas;
- b) uma sistematização ao término de cada uma das fases, através da realização de relatórios feitos em grupos, sínteses individuais, resumos feitos pelo professor junto à classe, e realização de exercícios.

Os problemas a serem propostos pelo professor, para serem investigados pelos alunos, em cada uma das fases, são:

- a) 1ª fase: Estudo qualitativo da flutuação na água

Problema qualitativo: "Quais as propriedades do corpo que influem em seu comportamento (flutuar ou não) na água?"

- b) 2ª fase: Estudo quantitativo da flutuação na água

Problema quantitativo: "Qual deve ser a relação entre a massa e o volume do corpo para que este flutue na água? E para que afunde?"

- c) 3ª. Fase: Estudo quantitativo da flutuação em outros líquidos

Problema geral: "O que faz com que um corpo flutue (ou afunde) em um líquido? Ou, quais as condições que devem ser obedecidas para que um corpo flutue (ou afunde) em um líquido?"

O diagrama a seguir ilustra a relação entre as fases, e as soluções desejadas em cada uma delas.

3ª fase

"Quais as condições que devem ser obedecidas para que um corpo flutue (ou afunde) em um líquido?"

2ª fase

"Qual a relação que deve existir entre a massa e o volume do corpo para que este flutue na água? E para que afunde?"

1ª fase

"Quais as propriedades do corpo que influem em seu comportamento (flutuar ou não) na água?"

"A massa e o volume do corpo influem no seu comportamento?"

Para flutuar: $\frac{m}{v} < 1 \text{ g/cm}^3$

Para afundar: $\frac{m}{v} > 1 \text{ g/cm}^3$

Para flutuar: $d \text{ corpo} < d \text{ líquido}$

Para flutuar: $d \text{ corpo} > d \text{ líquido}$

Problemas

Soluções

Com relação ao encadeamento das etapas, é importante salientar que o ponto de partida, na 1ª fase, é um estudo qualitativo da flutuação dos corpos na água. A 2ª. fase, já se destina a um estudo quantitativo ainda na água cuja solução levará à definição de densidade e, na 3ª fase, são introduzidos outros líquidos na investigação. Outro aspecto fundamental da relação entre as várias fases, é que os problemas são de tal modo definidos, que a "distância" entre eles é pequena. Ou, em outras palavras, que a solução do problema de uma fase precedente leva, através de uma discussão rápida ou com a observação de novos fenômenos, à necessidade de investigação do problema da fase seguinte.

3.2 - MATERIAL EXPERIMENTAL (para um grupo de alunos)

| Tipo | Finalidade e Comentários |
|--|---|
| <p><u>Para a 1ª fase de investigação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ recipiente grande (cuba, becker ou bacia plástica) ■ água ■ objetos diversos: <ul style="list-style-type: none"> - pedaços de cortiça de vários tamanhos e formas (rolhas, placas) - pedaços de vela ou parafina - bolas de gude (vários tamanhos) | <ul style="list-style-type: none"> ■ local onde serão colocados os líquidos e objetos para observação da flutuação. ■ onde os objetos serão imersos. ■ corpos cujo comportamento será observado. |

| Tipo | Finalidade e Comentários |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - objetos pequenos de isopor com tamanhos e formas variadas | <ul style="list-style-type: none"> - se possível, é interessante que se tenha esferas de isopor de mesmo tamanho que esferas de vidro (bolinhas de gude) e objetos com a mesma forma e volume que os de cortiça ou de metal (o que pode ser facilmente feito pelos alunos uma vez que o isopor é de fácil modelagem). |
| <ul style="list-style-type: none"> - objetos pequenos de madeira (palitos, placas etc.) | |
| <ul style="list-style-type: none"> - objetos de materiais variados ocos e maciços (giz, bolinhas plásticas, placas de baquelite etc.) | |
| <ul style="list-style-type: none"> - pequenos objetos maciços de metais como ferro, alumínio e outros (pregos, tampas de latas, porcas, chaves, placas etc.) | <ul style="list-style-type: none"> - se possível, é interessante que alguns deles sejam de mesmo tamanho e formato de modo a propiciar a comparação entre seus pesos. |
| <ul style="list-style-type: none"> - papel comum e de alumínio | <ul style="list-style-type: none"> - a ser utilizado para formar pequenas bolinhas, placas ou "barcos". |
| <ul style="list-style-type: none"> - massa de modelar (ou vidraceiro) | <ul style="list-style-type: none"> - de grande utilidade, pois com ela podem ser moldados objetos de formas e tamanhos ajustáveis à comparação com objetos de outros materiais. |

| Tipo | Finalidade e Comentários |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - vidros de mesmo formato e tamanhos variados que tenham tampa (podem ser vidros de remédio — no mínimo 2 pequenos, 2 médios e 2 grandes) - chumbinho de pesca (uma caixa) - lâmina de barbear, agulha e lâmina de vidro (opcional) - balança | <ul style="list-style-type: none"> - é necessário que o professor verifique se os vidros disponíveis possuem volumes adequados ao teste de hipóteses da 1ª fase. - para serem colocados dentro dos vidros de remédio de modo a alterar-lhe a massa. - para que se possa observar o efeito da tensão superficial. - para medir a massa de objetos e de líquidos. |
| <p><u>Para a 2ª fase de investigação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ os materiais da 1ª fase ■ proveta graduada de 50 ml , 500 ml e/ou 1 000 ml | <ul style="list-style-type: none"> - para medir o volume de líquidos e de objetos |
| <p><u>Para a 3ª fase de investigação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ os materiais das 1ª e 2ª fases ■ líquidos diversos: <ul style="list-style-type: none"> - álcool (cerca de 0,5 l) - solução de água e sal (cerca de 0,5 l), preparada pelo grupo - óleo (opcional) | <ul style="list-style-type: none"> - sendo o material mínimo necessário: as provetas, a balança, os vidros de remédio com tampa e o chumbinho. ■ onde os objetos serão imersos (outros líquidos podem ser incluídos em função dos interesses do aluno e do professor) |

| Nº de aulas | Etapa |
|-------------|--|
| 1 | ■ Sistematização dos conhecimentos: a) Realização de síntese sobre o trabalho realizado quanto a dois aspectos: <u>o que</u> aprendeu e <u>co</u> <u>mo</u> aprendeu |
| 1 | b) Discussão sobre as sínteses: correção e comentários |

Total = 12 aulas

O DESENVOLVIMENTO DE CADA ETAPA DA 1ª FASE

1. Introdução ao Estudo da Flutuação

Definição do problema

As atividades em classe são iniciadas com a exposição do fenômeno a ser estudado e uma breve discussão a respeito do mesmo. Para tal, com o objetivo tanto de tomar contato com os conhecimentos do aluno sobre o assunto, como de despertar a curiosidade dos mesmos, é interessante que o professor faça questões como a seguinte:

Como é que enormes navios conseguem ficar à tona d'água e um minúsculo grão de areia vai para o fundo?

Como resposta à questões deste tipo, em geral, a classe inicia uma discussão onde nota-se que a grande maioria dos alunos tem poucos conhecimentos a respeito da Lei da Flutuação. Às vezes, pode ocorrer que alguns poucos se refiram à densidade do corpo. Neste caso, além de verificar até onde estes

| Tipo | Finalidade e Comentários |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ provetas graduadas de 10 ml | <ul style="list-style-type: none"> ■ para medir o volume de certas quantidades de líquido com maior precisão do que seria possível com provetas maiores. |

3.3 - A 1ª FASE DE INVESTIGAÇÃO: ESTUDO QUALITATIVO DO FENÔME NO NA ÁGUA

As principais etapas de trabalho, da 1ª fase de investigação, com o número aproximado de aulas, são as seguintes:

| Nº de aulas | Etapa |
|-------------|---|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Introdução ao estudo da flutuação ■ Definição do problema da 1ª fase |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Observação do fenômeno e levantamento de explicações possíveis ■ Síntese das observações e hipóteses realizadas pelos grupos de alunos |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Discussão sobre as observações e hipóteses. Significado de massa, volume, forma e peso |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Introdução ao método de controle de variáveis. Determinação das linhas gerais de um procedimento experimental para testar as hipóteses. |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Teste das hipóteses: utilização do método de controle de variáveis |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Discussão sobre as conclusões da 1ª fase |
| | |

alunos entendem do assunto, o professor deve reconduzir a discussão no sentido da maioria da classe.

Em seguida, generalizando as possíveis dúvidas, o professor coloca que o objetivo principal das aulas seguintes é a realização de uma investigação experimental, de modo a obter uma resposta para a seguinte questão geral:

"O que faz com que um corpo flutue ou afunde em um líquido?"

A partir desta indagação, como uma forma de simplificar o trabalho dos alunos, o professor explica que o estudo será realizado em três fases, e que a investigação vai ser iniciada através do seguinte problema:

Quais as propriedades do corpo que influem em seu comportamento (flutuar ou não) na água?

Nesta etapa é fundamental que o professor preocupe-se em deixar bastante claro para os alunos:

- os problemas mencionados e suas características básicas;
- a importância do estudo da flutuação;
- o método de trabalho a ser utilizado nas aulas (o professor vai auxiliar e orientar, mas não fornecer as respostas "prontas").

2. Observação do Fenômeno e Levantamento de Explicações Possíveis

Esta etapa, assim como as outras em que ocorrer a ex

experimentação propriamente dita deve ser realizada em grupos (de preferência, de três a cinco alunos).

Atividades dos alunos

Com o material disponível, os alunos colocam os vários objetos no recipiente com água. Devem apresentar e discutir quais as possíveis propriedades do corpo que influem na flutuação.

Atividades sugeridas para o professor

O professor deve observar atentamente as discussões dos alunos, procurando deixar os grupos com liberdade para atuarem de modo espontâneo, e sempre que necessário, deve incentivar e auxiliar os alunos.

Dentre as possíveis atividades, é interessante que o professor:

- recoloca e esclareça o problema em estudo (às vezes os alunos "ficam perdidos" e começam a discutir outros aspectos do fenômeno ou dar explicações que extrapolam o problema inicial);
- sugira novos experimentos (por exemplo: observação do efeito da tensão superficial na gilete e agulha quando, colocadas cuidadosamente na superfície da água);
- mostre fenômenos ainda não observados e relevantes para o levantamento das hipóteses básicas (por exemplo, o fato de uma pequena bolinha de papel de alumínio flutuar e ao ser bastante comprimida afundar sugere que o volume do corpo é importante para a flutuação);
- pedir explicações para os fenômenos observados;
- esclarecer termos utilizados pelos grupos (massa, peso, volume).

Se o professor julgar conveniente, pode utilizar um roteiro bem geral para orientar o trabalho dos grupos. No Anexo A, apresentamos sugestões para os roteiros das várias fases.

As atuações dos grupos

Em aplicações desta metodologia, pudemos observar inúmeras vezes, que as concepções dos alunos sobre o fenômeno de flutuação não variam muito, de modo que, em geral, a classe converge para as seguintes hipóteses sobre o problema:

1) Hipóteses que se referem à influência no comportamento do objeto (flutuar ou não) das seguintes propriedades do corpo;

- A massa;
- O peso;
- O volume (ou tamanho);
- A forma (ou formato);
- O material que constitui o corpo;
- A densidade;
- A quantidade de ar contida no corpo (às vezes, ter ou não ar);
- A permeabilidade do corpo (se entra água),

Entre estas, as propriedades que aparecem com grande frequência são: o peso, o material e ter ar. Como as outras oscilam entre os grupos, é necessário que o professor incentive a discussão de modo que pelo menos as mais relevantes sejam formuladas — a possível influência da forma e volume do corpo.

2) Hipóteses que se referem à influência no comportamento do objeto (flutuar ou não) de:

- área de contato do corpo com a água (relacionada à posição inicial do corpo em relação à superfície da água, ou modo de colocar o objeto na água);
- quantidade de água no recipiente.

Pode-se observar que, embora seja proposto o estudo inicial, restrito às propriedades do corpo, aparecem algumas hipóteses que não obedecem a essa restrição.

Podem ocorrer também algumas hipóteses diferentes destas, mas com pequena chance de serem observadas. Entre elas, podemos citar algumas que já foram encontradas e que se encontram mais próximas da lei a ser obtida:

- "a concentração do peso do corpo influi"; ("o chumbo afunda porque, ao contrário do isopor, tem seu peso concentrado");
- "o corpo flutua se for mais leve que a água";
- "o corpo flutua se a massa do corpo for menor do que a massa da água de mesmo tamanho".

Com relação ainda as hipóteses possíveis, é importante ressaltar que a maioria dos alunos (até mesmo os que já haviam estudado Mecânica anteriormente) só em alguns casos referem-se à "força da água", "pressão da água" ou "equilíbrio entre a força da água e o peso do corpo". Este fato, a nosso ver, reforça a adequação de nossa proposta quanto à decisão de encaminhar o estudo da flutuação para a relação entre densidade e não para o Princípio de Arquimedes.

Entretanto, é necessário que o professor prepare-se de modo a poder discutir com a classe até mesmo as explicações de pouca ocorrência, analisando-as no sentido de fazê-las convergir para as hipóteses a serem testadas pela classe.

Síntese das observações e hipóteses realizadas pelos grupos

Terminado o trabalho de observação do fenômeno e levantamento de hipóteses, é essencial que os grupos façam um resumo do trabalho para que possam organizar suas idéias, preparando-se para uma discussão geral com toda a classe.

Apresentamos no Anexo A - Roteiro I, uma sugestão de questões que podem ser feitas para os alunos no sentido de que façam uma sistematização dos aspectos básicos desta etapa — as observações e hipóteses do grupo.

3. Discussão sobre as Observações e Hipóteses Significado de massa, peso, volume e forma

Anteriormente à aula, é preciso que o professor analise os trabalhos escritos pelos grupos para preparar o encaminhamento das discussões em classe, de modo a garantir que;

a) Todas as hipóteses da classe sejam discutidas de modo a convergir, com pequenas variações, à influência na flutuação das seguintes propriedades do corpo:

- massa
- volume
- forma
- tipo de material

- b) Os alunos percebam a necessidade da utilização de um método que os leve a uma solução confiável do problema investigado.

Com relação à aula, a nossa sugestão é de que o professor organize e direcione a discussão geral na classe, de modo a permitir uma apresentação e troca ordenada de idéias. Uma das formas possíveis, que nos permitiu obter os resultados desejados nesta etapa, é a sistematização em separado das observações e hipóteses da classe, como propomos a seguir.

Discussões sobre as observações dos grupos

Em geral, uma análise dos trabalhos dos grupos mostra que as observações são apresentadas em listas de corpos que afundam, de corpos que flutuam e de corpos cujo comportamento é variável.

É interessante que o professor, com os exemplos dados pelos alunos, organize na lousa uma classificação dos objetos observados, deixando evidente a presença de duas categorias básicas:

- A. Corpos que em certas condições flutuam e que em outras afundam. (Alguns objetos que ao permitirem a entrada de água afundam — como os vidrinhos destampados; objetos que ficam sobre a superfície da água devido ao efeito da tensão superficial — gilete, lâmina de vidro, agulha.)
- B. Objetos que apresentam um comportamento final único — flutuar ou afundar —, independentemente do modo em que são colocados na água.

Em seguida, após um esclarecimento rápido sobre o efeito da tensão superficial, o professor deve excluir a categoria (a) de objetos da investigação em estudo (os comportamentos deste tipo de corpos não podem ser explicados unicamente pela Lei de Flutuação dos Corpos).

Discussão sobre as hipóteses dos grupos

Depois de colocar as hipóteses levantadas pelos grupos para toda a classe (por exemplo, com uma lista na lousa), o professor propicia uma discussão sobre as mesmas.

Essa discussão tem os seguintes objetivos básicos:

1. Esclarecer e tornar preciso o significado de cada hipótese.
2. Conceituar as propriedades mencionadas (*) — massa, peso (e a relação entre ambos), volume e forma.
3. Excluir ou adaptar (junto com os alunos) as hipóteses que:
 - não se constituem em propriedades do corpo.
 - referem-se aos corpos da "categoria (a)" (excluídos das investigações).
4. Agrupar as hipóteses que se referem a propriedades que estão relacionadas (como o caso da densidade, do "ar", ou de hipóteses próximas da lei).

(*) É fácil constatar, nos momentos Iniciais da experimentação, que os alunos têm grandes dúvidas sobre as diferenças entre: massa e peso, massa e volume, volume e forma do corpo. Por questão de simplicidade, não é necessário colocar explicitamente a relação $P = m \cdot g$, uma vez que isso exigiria maiores esclarecimentos e dificultaria o desenvolvimento da discussão central. Assim, a relação entre massa e peso pode ficar estabelecida apenas quanto à existência de uma relação direta entre essas grandezas: quanto maior a massa do corpo, maior o seu peso

A hipótese relativa à densidade do corpo

Na testagem prévia destas etapas, pudemos notar que a hipótese sobre a influência da densidade dos corpos aparece com certa frequência.

Entretanto, os alunos mostraram no questionamento que alguns poucos tinham uma vaga idéia do que se tratava. Alguns colocavam que "densidade é igual à massa sobre o volume", ou seja, lembravam-se da "fórmula" (que havia sido estudada em outra disciplina), mas não conseguiam explicar o que isto significava. Outros, bastante envolvidos com a investigação, iam pesquisar em livros as explicações sobre o fenômeno, e encontravam a "densidade do corpo" (ou o "empuxo"), mas não conseguiam compreender sua influência.

De qualquer modo, a nosso ver, o momento não é adequado para definir esta grandeza, uma vez que os próprios conceitos de massa e volume ainda precisam ser trabalhados. Assim, o melhor consiste em esclarecer aos alunos que a densidade do corpo está diretamente relacionada à massa e ao volume do mesmo e que o estudo sobre a possível influência da densidade pode ser realizado de modo indireto, através do estudo da possível interferência da massa e do volume do corpo.

A hipótese relativa "ao ar" dos objetos

Quanto à influência da quantidade de ar contida no corpo é necessário esclarecer o significado principal desta hipótese para os alunos. Durante a discussão sobre esta hipótese, foi-nos possível observar que os alunos referiam-se a objetos ociosos, de volume constante, onde maior quantidade de ar em um corpo implicava menor quantidade de outro material (por exemplo, um recipiente fechado com chumbinho em seu interior, onde diferentes quantidades de chumbinho implicam diferentes quantidades de ar). Para esta situação, a quantidade de ar contido no corpo encontra-se relacionada à quantidade de massa do corpo, pois em um certo objeto, maior quantidade de ar leva a menor quantidade de outro material e a menor massa (*). Assim, sim, estabelecemos que como estas propriedades estão intimamente relacionadas, estudaríamos a influência da quantidade de ar indiretamente, através do estudo da influência da quantidade de massa do corpo.

Discussão sobre as hipóteses que não se referem a propriedades do corpo

Pode ocorrer que determinadas hipóteses, mesmo não se constituindo de propriedades do corpo, precisem ser mantidas para testagem. É o caso, por exemplo, da influência da "quantidade de água do recipiente", muitas vezes defendida pelos alunos.

Como o procedimento de testagem para essa hipótese é bastante simples, desde que fique esclarecido de que não se trata de uma propriedade do corpo, é interessante que se mantenha essa hipótese.

De modo análogo, o professor pode analisar com a classe se outras hipóteses deste tipo e decidir sobre a conveniência de serem abandonadas ou não.

(*) Para Piaget, a explicação do comportamento de flutuação dos corpos, "porque eles estão cheios de ar", indica um início de relação entre o peso e o volume, pressuposto de que alguns objetos são mais "cheios" do que os outros (no sentido de maior ou menor peso específico). Com relação a essas explicações, Piaget coloca: "(...) o estabelecimento de relação entre peso e volume não encontrou ainda a forma operatória geral multiplicação lógica por volumes Iguais e pesos diferentes, ou por pesos iguais e volumes diferentes". Assim, seria prematuro, no momento, relacionar explicitamente a quantidade de ar contida no corpo com o aspecto da relação entre a massa e o volume do corpo

4. Introdução ao Método de Controle de Variáveis

Determinação de um procedimento para testar as hipóteses

Uma característica marcante da etapa anterior, é que salvo raras exceções, os alunos defendem suas idéias ou rebatem as dos colegas, apontando exemplos ou contra-exemplos onde não aparece o raciocínio necessário de "controlar as variáveis" para chegar a uma solução (*).

Diante desta situação, cabe ao professor mostrar a necessidade de um método que permita uma resposta segura às varias indagações da classe, e introduzir o método de controle de variáveis.

Entre os modos diversos que isto pode ser feito, parece-nos interessante que o professor faça os alunos refletirem sobre a seguinte situação:

1. Diante da classe, em uma cuba com água, coloca-se dois pequenos vidros (fechados) de tamanhos diferentes, contendo interiormente quantidades diferentes de chumbinho, de modo que seus pesos e massas fiquem visivelmente diferentes, e que um destes flutue e o outro afunde (situações análogas podem ser incluídas).

2. Nesta situação, pergunta-se para a classe: "Desse experimento, o que podemos concluir? Qual a propriedade que interfere?".

Em geral, as explicações da classe são no sentido de que "podemos concluir que a massa está interferindo" ou "o volume é que está influenciando".

É fundamental que, neste momento, o professor permita a reflexão e discussão da classe. Após um certo tempo, se os alunos não chegarem a nenhum acordo, o professor afirma que: "Desse experimento nada pode ser concluído! Pois, como os objetos possuem tanto as massas, como os volumes diferentes, não se pode saber ao certo qual é a propriedade que está influenciando nos comportamentos dos corpos."

3. A seguir, coloca-se a seguinte questão; "Como podemos ter certeza se a massa influi?"

É de se esperar que, como resposta a esta questão, após a discussão e reflexão da classe, que alguns alunos sugiram que se utilize para tal, vidros de mesmo tamanho e massas diferentes, ou seja, sugiram o controle de variáveis.

Para finalizar, tendo como ponto de partida essa situação específica, cabe à classe determinar o procedimento para investigar a influência das outras propriedades. Mas, antes de passar ao teste das hipóteses, é interessante que o professor sistematize as sugestões dos alunos, organizando as linhas gerais do plano de trabalho para a próxima etapa, de modo a estabelecer que:

1. Para verificar se a massa influi na flutuação é necessário observar os comportamentos de vários objetos que tenham as outras propriedades supostamente relevantes ao fenômeno inalteradas (volumes, formas e materiais iguais).

2. Para verificar se o volume influi na flutuação é necessário observar objetos que tenham massas, formas e materiais iguais.

3. Para verificar a influência de outras propriedades deve-se proceder de modo análogo.

(*) Como exemplo representativo da argumentação que freqüentemente ocorre nesta etapa, podemos citar um dos momentos de discussão em classe, que registramos! "Aluno A: Acho que o peso não influi, pois um grão de areia afunda e um navio flutua. Aluno B: E grãos de areia de tamanhos diferentes vão afundar. Aluno C: Entra a quantidade de ar e o tamanho. (Neste momento, respondendo as solicitações dos alunos, foi definido massa, peso e volume.) Aluno D: Acho que o peso influi. Aluno E: Também acho, pois a argila afunda e um isopor não!". Observa-se neste caso, uma argumentação exaustiva do tipo "circular" (mencionam a influencia de certa propriedade, passam a uma segunda e a outras, voltando novamente ao ponto de partida), sem usar o "raciocínio de isolar as variáveis".

5. Teste das hipóteses: utilização do método de controle de variáveis

Atividades dos alunos

O trabalho dos grupos nesta etapa consiste principalmente em;

1. Selecionar entre os materiais disponíveis os adequados ao teste de cada hipótese, preparando os objetos quando necessário.
2. Observar os comportamentos dos objetos escolhidos, quando estes são imersos na água.
3. Registrar as observações realizadas, analisá-las e tirar conclusões com relação a cada uma das hipóteses da classe.

A critério do professor pode ser utilizado um roteiro para orientar as atividades dos alunos (ver sugestão dada no Anexo A - Roteiro 2).

É de se esperar que, em geral, a maioria dos grupos consiga, com o auxílio do professor em alguns testes mais difíceis, superar as dificuldades encontradas.

Atividades do professor

Ao observar o trabalho dos alunos nesta etapa, é bastante provável que o professor encontre graus de participação e dificuldade acentuadamente diferentes. Enquanto alguns grupos podem realizar os experimentos com animação e muito interesse, outros podem mostrar-se perdidos ou desinteressados.

Devido a este fato, o professor deve procurar identificar os grupos com problemas, com a finalidade de incentivar e orientar o trabalho dos alunos, na medida de suas necessidades.

Dentro deste caráter geral, atividades características do professor nesta etapa, consistem em:

1. Auxiliar os alunos com perguntas e sugestões que os oriente no teste das hipóteses, quando o grupo não conseguir sozinho (o que em geral é mais freqüente com relação às hipóteses sobre a influência do volume e material).
2. Explicar para a classe o manejo da balança, quando os alunos não estiverem familiarizados com a sua utilização.
3. Discutir com o grupo os resultados de suas observações, questionando suas conclusões.

No sentido de esclarecer as possibilidades de atuação do professor em aspectos mais específicos, descrevemos a seguir os procedimentos mais usuais que tivemos a oportunidade de observar nas aplicações prévias desta metodologia.

O teste da hipótese relativa ao volume do corpo

Planejar o procedimento experimental adequado, neste caso, é tarefa difícil para os grupos. Estes levam certo tempo analisando os objetos, até perceberem que não é possível obter corpos de mesma massa, mesmo material e volumes diferentes entre os objetos maciços disponíveis, e que a solução possível neste caso é a de utilizar objetos ocos de volumes diferentes, colocando chumbinho (ou outro material) em seu interior, até que as massas sejam as mesmas (sendo necessário medi-las na balança) e assim possam ser obtidos os corpos com as propriedades desejadas.

Neste caso, dois aspectos fundamentais precisam ser esclarecidos. O primeiro deles refere-se à evidente dificuldade que se explicita neste momento, a respeito da diferenciação entre massa e volume do corpo (o que exige esclarecimentos do professor ou de colegas do grupo). Em segundo lugar, o fato de procurarem inicialmente objetos maciços de mesmo material e formato, com volumes diversos (por exemplo, duas bolinhas de massa de modelar com

tamanhos diferentes) e, após análise, constataram que nesse caso não é possível ter massas iguais, favorece o estabelecimento de importante relação entre a massa e o volume do corpo.

Com relação à utilização de objetos ociosos de mesmo volume com possibilidade de variação das massas, é importante ainda ressaltar que os vidrinhos devem ser previamente selecionados pelo professor de modo a possuir tamanhos bem diversificados. Essa providência é interessante para que ao serem igualadas suas massas estes possam apresentar comportamentos diferentes, ou seja, um flutua e o outro afunda (pois suas densidades ficam, respectivamente, menores e maiores que a densidade da água). Mas, dependendo das variações feitas pelos alunos, pode ocorrer que isso não aconteça e o professor deve estar preparado para discutir esses resultados com a classe, tomando o cuidado de não falar ainda em densidade. Neste caso, por exemplo, pode ser feita uma comparação com as observações realizadas no teste relativo à influência da massa, onde objetos de mesmo volume e massas com valores próximos podem apresentar o mesmo comportamento.

Quanto à discussão dos grupos sobre os resultados obtidos neste trabalho, pudemos observar comportamentos muito interessantes. Quando perguntávamos aos alunos qual era a sua conclusão sobre o assunto, ou quando observávamos a troca de idéias sobre este teste, freqüentemente constatamos discussões semelhantes à seguinte:

Aluno A: ... "Então, a massa influi."

Aluno B: "Não As massas dos corpos são iguais, nos pesamos, lembra-se?"

Aluno A: "Ah! então não sei ..., o volume? Não. Não pode ser."

Aluno B: "É sim! Só os volumes estão diferentes."

Aluno A: "Será possível?"

Este tipo de argumentação deixa bastante evidente a dificuldade na conceituação das grandezas envolvidas, na compreensão do método de controle de variáveis, e a resistência em substituir suas convicções anteriores mesmo frente às evidências experimentais. Entretanto, após debate entre os grupos e com o professor, os grupos chegam às conclusões corretas.

Teste da hipótese referente à forma do corpo

A dificuldade inicial que pudemos observar, com relação a esta etapa, consiste na diferenciação entre forma e volume do corpo, sendo necessário, neste caso, explicar em vários grupos a diferença entre estes termos, utilizando objetos para exemplificação. Isto pode ser feito através de mudanças no formato de uma bolinha de massa de modelar. Embora possa parecer estranho, nessa situação, alguns alunos costumam afirmar que ao mudar a forma, o volume a considerar também fica alterado. Isto é perfeitamente compreensível uma vez que indivíduos do período concreto não possuem conservação de volume, e, portanto, essa é a reação esperada. Neste caso, é interessante que o professor proponha que o grupo meça o volume da bolinha antes e após a transformação. Isso pode ser feito mergulhando-se o objeto na água contida em uma proveta graduada, pois o deslocamento do nível da água, provocado pelo objeto, indicará o volume do mesmo.

Superada esta dificuldade, os alunos trabalham com papel de alumínio, ou massa de modelar. Geralmente pegam certa porção desta, e a colocam na água diversas vezes, variando a forma a cada observação. Alguns grupos pegam duas porções da massa de modelar, tiram ou acrescentam pequenas quantidades às porções, até que as

quantidades de massa destas fiquem iguais (medem na balança). Em seguida, variam as formas e observam o comportamento na água.

Com relação a esta atividade, ocorrem tentativas de fazer flutuar uma porção de massa de modelar com formas cada vez mais "achatadas", ou em forma de "barco". Como geralmente essa tentativa é inútil, desistem concluindo que a forma não interfere na flutuação, ou, em alguns casos, substituem a massa de modelar por papel de alumínio. Nesta situação, é necessário discutir com o grupo o efeito da tensão superficial e a questão do volume aparente na forma de "barco". Ou seja, é necessário lembrar aos alunos que o estudo em questão está restrito a corpos onde o efeito da tensão superficial não é relevante e a objetos "fechados", onde o volume a ser considerado é o mesmo que o volume do corpo. De qualquer modo, caso o professor julgue necessário, pode ser feita uma análise sobre a comparação mais freqüente — uma bolinha de massa de modelar afunda, mas se transformada em "barco" flutua. Nesta situação, é preciso esclarecer que este fato não permite a conclusão de que a forma influi, uma vez que estes dois objetos (bolinha e "barco") possuem massas e materiais iguais, mas além de suas formas serem diferentes, os volumes também o são, uma vez que no "barco" o volume a considerar consiste do volume da "parede do barco" acrescido do volume de sua parte interna, ou seja, o volume a considerar é o volume aparente.

Teste da hipótese referente ao material do corpo

Após inúmeras tentativas dos grupos em encontrar entre os objetos disponíveis, dois que tenham mesma massa, mesmo volume e materiais diferentes, os alunos concluem que entre os objetos maciços, isso não é possível. Nesta situação, freqüentemente pudemos observar colocações do tipo: "Se pegarmos isopor e chumbo, se igualarmos as massas, os volumes ficam diferentes e se igualarmos os volumes, as massas é que ficam diferentes. Não dá!".

Essa constatação, análoga à feita no caso do teste da hipótese referente ao volume, é fundamental, pois indica uma conceituação inicial a respeito da densidade de materiais.

Somente em alguns grupos ocorre espontaneamente uma maneira de efetuar o experimento, sendo muitas vezes necessário indicar a utilização de corpos ocos do mesmo tamanho, colocando em seu interior materiais diferentes, até que as massas fiquem iguais. Em geral, ocorre resistência por parte dos alunos, em aceitar como válido esse procedimento. Alegam que o importante é o material "externo" (em contato com a água) e inúmeras discussões e sugestões (utilizar tubos de plástico, ou colocar isopor em um vidro e chumbo em outro) são necessárias para que os grupos cheguem a um acordo sobre a questão.

Teste referente à quantidade de água do recipiente

No caso da quantidade de água, os alunos a variam, mantendo o objeto em observação. Geralmente, utilizam um objeto que flutua e vão diminuindo a quantidade de água da cuba (esperando que o mesmo afundasse) até que essa quantidade seja tão pequena a ponto do objeto tocar o fundo do recipiente. Discussões a respeito dessas observações levam o grupo à conclusão de que, desde que a quantidade de água não seja tão pequena, a ponto do objeto "encalhar", esta não interfere para o comportamento de flutuação.

6. Discussão sobre as Conclusões

Para iniciar a discussão geral com todos os grupos, é interessante que estes organizem previamente, de modo resumido, um relatório que contenha os procedimentos utilizados e as conclusões finais.

Nesta etapa cabe ao professor, junto com os alunos, estabelecer e sintetizar as conclusões sobre as propriedades do corpo que influem na flutuação.

Com este objetivo, é necessário que se promova o debate no caso de divergência entre grupos. Nessa circunstância dois aspectos são essenciais para o encaminhamento da discussão:

1. Solicitar que o grupo relate o procedimento utilizado para que os colegas possam analisá-lo (podem ocorrer conclusões erradas devido a procedimentos incorretos).
2. Destacar e analisar com a classe os argumentos que não levam em conta o controle de variáveis (com frequência alguns alunos insistem principalmente na interferência do material e da forma do corpo, citando exemplos onde não consideram o raciocínio em questão).

7. Sistematização dos Conhecimentos

Uma vez que essas atividades são bastante desestruturadas e permitem liberdade tanto de procedimentos como de debate de suas próprias convicções, é de se esperar que os alunos encontrem-se em graus diferentes de compreensão dos procedimentos e resultados encontrados nesta fase de investigação. Este fato leva à necessidade de que o professor promova uma organização e uma sistematização dos conhecimentos adquiridos por cada um dos alunos e pela classe como um todo.

Neste sentido, a critério do professor, podem ser feitas algumas atividades como:

1. Resumos individuais livres (sem orientação do professor).
2. Síntese sobre o trabalho realizado com relação a dois aspectos: o que aprendeu e como aprendeu.
3. Relatórios discutidos e redigidos pelo grupo (ver sugestão no Anexo B).
4. Questões sobre os aspectos importantes desta fase (ver sugestões no Anexo C - Exercício I).

Naturalmente, antes de passar à próxima fase de investigação, é necessário que o professor analise os trabalhos dos alunos procurando sanar as lacunas que estes apresentem.

3.4 - A 2ª FASE DE INVESTIGAÇÃO: ESTUDO QUANTITATIVO DO FENÔMENO NA ÁGUA

Na tabela a seguir, temos as principais etapas de trabalho da 2ª fase de investigação, com o número aproximado de aulas.

| Nº de aulas | Etapas |
|-------------|--|
| 1 | • Introdução ao problema a ser investigado na 2ª fase. Definição do mesmo. |
| 1 | • Elaboração de um plano de trabalho. |
| 3 | • Obtenção dos dados: medida da massa e do volume de corpos em situação "limite" ¹ na água. |
| 1 | • Discussão em classe sobre as conclusões. Definição de densidade do corpo. |
| 1 | • Sistematização de conhecimentos: realização de relatório e/ou resumos. |
| 3 | • Realização de exercícios. Unidades de massa e de volume. Transformações de unidades. |

Total: 10 aulas

Considerações gerais

A finalidade principal da investigação da 2ª fase é fazer um estudo que tenha como ponto de partida as conclusões da 1ª fase — as propriedades do corpo que influem em sua flutuação são conjuntamente a massa e o volume do corpo — e como meta final o estabelecimento de uma relação quantitativa entre a massa e o volume para as condições de flutuar e afundar (respectivamente, $\frac{m}{v} < \frac{g}{cm^3}$ e $\frac{m}{v} > \frac{g}{cm^3}$)

$$\frac{m}{v} < \frac{g}{cm^3} \quad \text{e} \quad \frac{m}{v} > \frac{g}{cm^3}$$

Esse objetivo central envolve dois aspectos básicos:

1. A necessidade de que o aluno perceba que é a relação entre a massa e o volume do corpo que é a responsável pelo comportamento em estudo.
2. A necessidade de que o aluno efetue medidas de massa e de volume de objetos que flutuam e de objetos que afundam, no intuito de procurar uma relação quantitativa entre as grandezas em jogo.

Com relação ao primeiro aspecto, no processo de elaboração desta proposta, pudemos perceber que nesta etapa, alguns alunos tinham hipóteses bem claras a respeito da existência de uma relação entre a massa e o volume. Como exemplo, temos algumas colocações bastante interessantes feitas pelos alunos:

— "O que importa não é a concentração de peso? A relação entre a massa e o volume?"

— "Não é para achar uma proporção entre a massa e o volume? Talvez o grão de areia afunde por não obedecer esta proporção."

— "Acho que deve existir uma relação entre a massa e o volume, como uma porcentagem, sei lá... Senão, toda vez te

ria que fazer a experiência. Deve existir uma relação sempre igual de massa e volume.”

Embora esta idéia estivesse elaborada de modo tão evidente apenas para uma pequena parte dos alunos, percebemos também que, embora ainda em estagio elementar, a noção da relação em questão estava presente na maioria dos alunos.

Com relação ao segundo aspecto mencionado, pudemos presenciar nas aplicações iniciais, onde os grupos atuavam praticamente sem orientação do professor, que alguns grupos tinham muita dificuldade em estabelecer um procedimento experimental adequado. Ou seja, o grau de desafio aos alunos não estava na intensidade correta.

Diante destes fatos, com a preocupação de ajustar as dificuldades de modo a propiciar uma superação pela classe, optamos por atividades mais estruturadas nesta fase, onde a orientação do professor passa a ter um caráter mais preponderante com relação às decisões a serem tomadas. Neste sentido, cabe ao professor:

1. No momento da introdução da 2ª fase, fazer uma discussão com a classe, de modo a tornar evidente a existência de uma relação entre a massa e o volume do corpo necessário para que este flutue.
2. Discutir em classe, anteriormente à tomada de dados, o procedimento experimental a ser utilizado, com uma estruturação de suas etapas e os cuidados a serem tomados na obtenção dos dados.

A seguir, detalhamos cada uma das etapas de trabalho desta fase, onde procuramos destacar sugestões para uma operacionalização da atuação do professor em função dos comportamentos mais freqüentes dos alunos.

1. Introdução ao Problema da 2ª Fase Definição do problema

Atividades do professor

A atuação do professor nesta etapa tem por finalidade estabelecer e propiciar o entendimento do problema. Entre os modos que seriam possíveis para tal, descrevemos um encaminhamento que tem fornecido bons resultados. Basicamente, o seu desenvolvimento consiste das seguintes atividades do professor:

1. Retomar com a classe, que a finalidade geral desse estudo é investigar "o que faz com que um corpo flutue ou afunde em um líquido" e que os conhecimentos até então obtidos ainda são insuficientes para esclarecer totalmente esta questão (por exemplo, pode ser perguntado se algum aluno já sabe porque "o navio flutua e o grão de areia afunda").
2. Fazer perguntas, colocações e esclarecer dúvidas, de modo a levar o aluno ao estabelecimento da existência de uma relação entre a massa e o volume do corpo como condição de flutuação. Entre as possíveis questões, são interessantes as seguintes:
 - a) "O que é melhor para a flutuação, massas pequenas ou grandes, para corpos de mesmo volume?" (Em geral, os alunos colocam que massas menores "facilitam" a flutuação.)
 - b) "O que é melhor para a flutuação, volumes pequenos ou grandes, para corpos de mesma massa?" (As dúvidas dos alunos neste caso são maiores, entretanto, após a retomada dos experimentos realizados a este respeito, pode-se chegar a um acordo na classe de que volumes maiores "facilitam" a flutuação.)
 - c) "Um corpo de 1 g pode flutuar? E um corpo de 1 Kg? Ou ainda, de 1 tonelada?" (Na maioria das vezes, grande parte dos alunos afirma que neste caso depende do volume.)
 - d) "Um corpo de volume bem pequeno pode flutuar?... E um corpo de volume bem grande?" (Também neste

caso, não é difícil que a maioria da classe afirme que depende da massa).

3. Sintetizar as colocações dos alunos tornando explícito que é a influência conjunta da massa e do volume que condiciona a flutuação de um objeto.

4. Definir o problema a ser investigado na 2ª fase: "Qual a relação que deve existir entre a massa e o volume do corpo para que ele flutue na água? E para que afunde?"

5. Esclarecer o significado da palavra relação, destacando seu caráter quantitativo para este caso.

2. Elaboração de um Plano de Trabalho

Após o estabelecimento do objetivo central desta fase de investigação, a classe deve passar à elaboração de um planejamento para um experimento que possibilite a solução do problema proposto.

É bastante interessante que o professor permita que cada um dos grupos elabore este planejamento antes de passar a uma discussão geral com a classe.

Neste momento, a critério do professor pode ser utilizado um roteiro orientador (ver sugestão no Anexo A - Roteiro 3) ou simplesmente colocar questões para os alunos refletirem, como as seguintes:

- "O que precisamos fazer no laboratório?"
- "Com que objetivos iremos trabalhar?"
- "O que precisamos medir? Que instrumentos de medida podemos utilizar?"
- "Quais os cuidados que devemos tomar para ter 'resultados' confiáveis e precisos?"
- "Como organizar os 'resultados' ou dados obtidos?"

À medida que os grupos vão trabalhando na elaboração do planejamento, o professor deve ir observando as propostas dos alunos para que possa dar as sugestões ou em casos mais extremos, de grande dificuldade do grupo, até mesmo indicar algumas das etapas da experimentação.

Em geral, dois tipos de procedimentos básicos são propostos pelos alunos:

1. Trabalhar com corpos que flutuam e corpos que afundam, medindo a massa e o volume de cada objeto observado, com anotação dos resultados.
2. Utilizar objetos ocos de volumes determinados (vidros ocos com tampa); variar a massa de cada objeto (colocando chumbinho em seu interior); observar o comportamento do corpo a cada variação e medir os seus valores de massa e volume em cada situação.

Embora estas alternativas sejam interessantes, ainda são insuficientes e incompletas, uma vez que para se estabelecer a relação entre a massa e o volume nas duas situações — flutuar e afundar — é necessário que se estude o caso "limite" entre ambas. Este fato, dificilmente é percebido pelo aluno.

Outro aspecto importante relativo ao planejamento consiste no desconhecimento de meios para medir o volume dos corpos e de montagem de tabelas para organizar os dados, o que ocorre principalmente com alunos que não estão habituados a realizar experimentos.

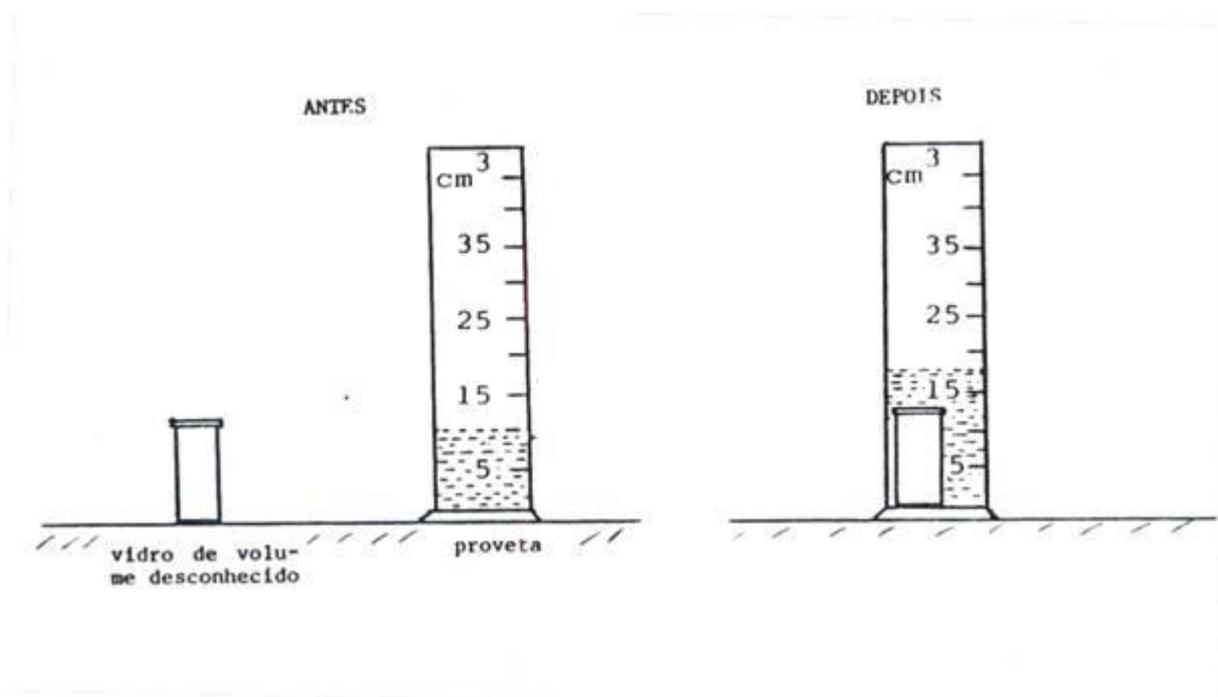
Estas lacunas devem ser preenchidas pelas indicações do professor, que pode fazê-lo discutindo com os pequenos grupos ou no momento de uma organização geral do planejamento com toda a classe.

As nossas constatações a respeito dos comportamentos dos alunos nesta fase levam-nos a acreditar que

somente em classes com poucos alunos (cerca de vinte alunos), não é necessário sistematizar um planejamento único para a classe, pois é possível ao professor despendar tempo suficiente à orientação adequada a cada um dos grupos. Nas situações mais comuns, onde o número de alunos é elevado, torna-se bastante vantajoso, no sentido de facilitar o trabalho do professor, que as linhas gerais do planejamento fiquem bem definidas antes dos alunos iniciarem o experimento propriamente dito.

De um modo geral, as etapas do experimento podem ficar estruturadas do seguinte modo:

1. Trabalhar com vários objetos ocios e fechados;
2. Medir o volume de cada um dos objetos selecionados. Para tal, utilizar uma proveta graduada, contendo água em seu interior em condições de permitir uma medida da água deslocada pelo corpo quando este se encontra submerso. Como exemplo, observe a ilustração abaixo.



Neste caso, o volume do objeto corresponde à diferença entre os níveis da água nas duas situações ($17 \text{ cm}^3 - 10 \text{ cm}^3$ ou seja, 7 cm^3).

3. Observar o comportamento do corpo na água e variar sua massa até que o corpo "quase" afunde (próximo da situação "limite").
4. Medir a massa do corpo nesta situação com a utilização de uma balança.
5. Esclarecer o significado da palavra relação, destacando seu caráter quantitativo para este caso.

massa, o volume vai mudar". Ora, esses comportamentos mostram a não conceituação correta de volume e ainda a não diferenciação entre massa e volume.

Nessa situação, que traz à tona um dos aspectos cruciais ao entendimento do assunto em estudo, torna-se da maior importância uma discussão entre os alunos e o professor de modo a possibilitar uma conceituação correta de volume. Neste caso, é interessante que os alunos meçam o volume do objeto de dois modos — acrescentando chumbinho para que o objeto fique totalmente submerso e empurrando o vidro para o fundo, com a ajuda de um lápis ou arame fino — e efetuem a comparação entre os resultados.

5. Repetir para outros objetos.

6. Medir a massa e o volume de corpos que flutuam e de corpos

que afundam. (Este item é optativo, podendo ser incluído ou não dependendo do interesse da classe.)

1. Anotar os valores medidos. A critério do professor, podem ser montadas tabelas do seguinte tipo:

| Corpos que flutuam | |
|--------------------|----------------------|
| m (g) | v (cm ³) |
| | |

| Corpos em Situação Limite | |
|---------------------------|----------------------|
| m (g) | v (cm ³) |
| | |

| Corpos que Afundam | |
|--------------------|----------------------|
| m (g) | v (cm ³) |
| | |

3. Obtenção dos Dados Atividades dos alunos

Em geral, nesta etapa de trabalho os grupos atuam de modo bastante interessado e passam à obtenção dos dados **seguiu** do o planejamento estabelecido de forma independente e praticamente sem necessitar de auxílio do professor.

Entretanto, são bastante frequentes as seguintes dificuldades:

1. Utilização da proveta (leitura de escala).
2. Medida adequada do volume dos objetos.

Com relação ao último aspecto, **várias vezes** pudemos observar alunos "medindo" o volume do **objeto quando este não estava totalmente submerso** na água contida na proveta. A sugestão de que acrescentassem chumbinho no interior do vidro, até que este afundasse, para que fosse possível medir o seu volume, com frequência respondiam: "Não dá! Se colocarmos mais massa, o volume vai mudar". Ora, esses comportamentos mostram a não conceitualização correta de volume e ainda a não diferenciação entre massa e volume.

Nessa situação, que traz à tona um dos aspectos cruciais ao entendimento do assunto em estudo, torna-se da maior importância uma discussão entre os alunos e o professor de modo a possibilitar uma conceitualização correta de volume. Neste caso, é interessante que os alunos meçam o volume do objeto de dois modos — acrescentando chumbinho para que o objeto fique totalmente submerso e empurrando o vidro para o fundo, com a ajuda de um lápis ou arame fino — e efetuem a comparação entre os resultados.

Atividades do professor

Da mesma maneira que em etapas anteriores deste tipo, a atividade do professor consiste basicamente em observar o trabalho dos grupos para orientar e esclarecer as dúvidas: na medida necessária a cada grupo.

Ainda, como se trata de uma etapa onde os alunos devem obter dados quantitativos, onde a precisão das medidas é fundamental para garantir bons resultados, cabe ao professor indicar as providências necessárias para uma leitura correta de escalas (no caso, da proveta e da balança) e os cuidados para diminuir as fontes de erros.

4. Discussão sobre as Conclusões

Definição de densidade do corpo

Nas ocasiões em que esta metodologia foi utilizada em sala de aula, pudemos observar inúmeras vezes que os

grupos ficam bastante empenhados em tirar conclusões à medida que vão obtendo os dados. Frequentemente, comparam seus dados com os obtidos por outros grupos, ficando surpresos e satisfeitos com as regularidades que podem facilmente perceber nos valores de massa e volume, registrados para objetos próximos da situação "limite".

Neste momento, para que o processo de análise e discussão dos dados obtidos fique mais ágil, nossa sugestão ao professor é que este:

1. Organize na lousa tabelas com os dados de todos os grupos.
2. Indique aos alunos que iniciem a análise pelos valores obtidos para corpos próximos da situação "limite".
3. Dê tempo aos grupos para discutirem e elaborarem suas conclusões a respeito do problema proposto.

A TABELA I ilustra alguns dos dados obtidos por uma classe de 2º colegial, na forma com que foram apresentados pelos alunos (pode-se observar que não há rigor quanto ao número de algarismos significativos dos valores registrados).

TABELA I - Valores obtidos para a massa e o volume de corpos em situação "limite"

| m(g) | | V (cm ³) |
|------|--|----------------------|
| 62,4 | | 62,5 |
| 50,5 | | 50 |
| 106 | | 105 |
| 106 | | 42 |
| 102 | | 100 |
| 21,5 | | 20 |
| 26,5 | | 25 |
| 27,3 | | 27,5 |
| 50,2 | | 50 |
| 18 | | 20 |
| 26,4 | | 25 |

As observações que realizamos na atuação dos alunos, neste momento do trabalho, mostraram que são raros os grupos que conseguem chegar a uma conclusão próxima da desejada, como esta: "Concluimos através das relações entre volume e massa que para cada 1 cm³ pode ter como massa flutuante 1 g".

A conclusão mais freqüente dos grupos é que: "(...) para o corpo ficar em situação limite a massa tem que ser igual ao volume; para flutuar, a massa tem que ser menor e para afundar, a massa tem que ser maior que o volume (...)".

Partindo das conclusões apresentadas pelos grupos o professor pode discutir com cada grupo separadamente, ou promover um debate geral com toda a classe. Entretanto, como as idéias dos alunos em geral convergem, parece-nos que a segunda alternativa é a mais adequada.

Para tal, um dos modos possíveis para que o professor encaminhe e sistematize a discussão, é o seguinte:

1. Recolocar o problema em investigação em linguagem bem simples como "... queremos descobrir quanto de massa para quanto de volume o corpo deve ter para flutuar e para afundar".
2. Recolocar a situação limite como a privilegiada a fornecer as respostas desejadas.
3. Comentar as medidas obtidas com relação ao aspecto de precisão e das fontes de erro e como consequência pedir que os alunos analisem o conjunto de dados obtidos, desprezando os dados muito diferentes do conjunto.
4. Explicar a inadequação das conclusões expressas em termos de uma relação de igualdade ou desigualdade entre a massa e o volume, uma vez que estas são grandezas de natureza diferentes.
5. Pedir aos alunos que proponham outra maneira de comparar essas grandezas. No caso de não haver a indicação

adequada, explicar que a forma mais comum de comparar grandezas deste tipo é estabelecer a razão entre eles.

6. Pedir que os alunos calculem a razão m/v para cada um dos corpos estudados.

Na TABELA II, damos um exemplo desse procedimento.

TABELA II - As razões m/v para corpos em situação "limite"

| m (g) | V (cm ³) | m/v (g/cm ³) |
|-------|----------------------|----------------------------|
| 62,4 | 62,5 | 0,99 |
| 50,5 | 50 | 1,01 |
| 106 | 105 | 1,00 |
| 106 | 42 | valor desprezado |
| 102 | 100 | 1,02 |
| 21,5 | 20 | 1,07 |
| 26,5 | 25 | 1,06 |
| 27,3 | 27,5 | 0,99 |
| 50,2 | 50 | 1,00 |
| 18 | 20 | 0,90 |
| 26,4 | 25 | 1,06 |

7. Analisar as relações obtidas quanto às aproximações e influência das possíveis fontes de erro (principalmente com relação à enorme dificuldade de se obter um corpo "exatamente" na situação limite) e estabelecer junto com os alunos a conclusão final, generalizando-a — "para que um corpo fique em situação limite é necessário que $m/v = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ".

8. Discutir as condições necessárias para um corpo flutuar e afundar a partir desta tabela ou para os dados obtidos nestas situações específicas.

9. Resumir a solução do problema:

"Para um corpo flutuar é necessário que $m/v < 1,0\text{g/cm}^3$ "

"Para um corpo afundar é necessário que $m/v > 1,0\text{g/cm}^3$ "

10. Definir a razão estabelecida entre a massa e volume do corpo como sendo sua densidade ($d = m/v$), e solicitar aos alunos que expressem a conclusão final em termos desta propriedade do corpo.

Desta maneira, chega-se a estabelecer o significado de densidade do corpo e a Lei de Flutuação dos Corpos, válida para a água, que fica expressa nos seguintes termos:

"Para que um corpo flutue na água é necessário que a sua densidade seja menor do que 1 g/cm^3 ."

"Para que um corpo afunde na água é necessário que a sua densidade seja maior do que 1 g/cm^3 ."

A seguir, com a finalidade de verificar o entendimento da classe, o professor pode pedir que os alunos expliquem a questão que foi proposta no início de seu estudo sobre fenômeno: "Por que um navio flutua e um grão de areia afunda?". Neste momento, em geral, os alunos conseguem responder de modo bastante satisfatório a essa questão, o que lhes dá uma boa evidência do progresso de seu trabalho.

5. Sistematização dos conhecimentos

Nesta etapa, para que o aluno possa organizar conhecimentos adquiridos na 2ª fase de investigação, é fundamental que realize individualmente ou em grupo algumas atividades que promovam a necessária sistematização.

Em função das particularidades da classe ou de cada aluno, o professor pode indicar algumas das atividades sugeridas para o término da 1ª fase de investigação (relatório, resumos etc.).

6. Realização de Exercícios. Unidades de Massa e de Volume. Transformações de Unidades

Esta etapa de trabalho caracteriza-se principalmente em propiciar ao aluno um aprofundamento da compreensão do significado de densidade, da lei obtida nesta fase e de aplicações destes conhecimentos em outras situações.

Neste sentido, são essenciais as questões e exercícios que explicitem o caráter quantitativo destas novas relações e de possíveis ligações com o cotidiano do aluno.

Com esta finalidade básica, em função das particularidades de cada classe, o professor deve selecionar as atividades mais adequadas aos alunos.

No Anexo C (Exercícios - 2), apresentamos uma sugestão para os exercícios desta etapa, onde são enfatizados três aspectos principais:

a) Unidades de massa, de volume e transformações - onde são evidenciadas as unidades de maior uso na vida cotidiana ou em situações de laboratório.

b) Densidade de corpos - onde é solicitado ao aluno que efetue cálculos relativos a essa grandeza, e que reflita sobre o caráter proporcional envolvido nesta.

c) Aplicação da lei de flutuação na água - onde o aluno deve efetuar cálculos para prever aspectos relativos aos comportamentos de objetos.

3.5 - A 3ª FASE DE INVESTIGAÇÃO: ESTUDO QUANTITATIVO DA FLUTUAÇÃO EM OUTROS LÍQUIDOS

Na tabela abaixo, temos as etapas de trabalho a serem desenvolvidas na 3ª fase de investigação, com o número aproximado de aulas.

| Nº de aulas | Etapas |
|-------------|--|
| 1 | • Introdução ao problema a ser investigado (observação de um fenômeno que leve ao estudo da flutuação em outros líquidos). Definição do problema. Levantamento de hipóteses. |
| 1 | • Elaboração de um plano de trabalho. |
| 2 | • Obtenção dos dados: medidas das densidades da água e do álcool; e da massa e do volume de corpos em situação "limite" no álcool. |
| 1 | • Discussão em classe sobre as conclusões. |
| 1 | • Sistematização de conhecimentos: realização de relatório e/ou resumos. |
| 3 | • Resolução de exercícios. • Análise de outros |

Total: 9 aulas

1. Introdução e Definição do Problema da 3ª Fase Levantamento de Hipóteses

Tendo obtido a lei a respeito da flutuação dos corpos na água, segundo a qual um corpo flutua neste líquido, quando a densidade do corpo é menor do que 1 g/cm^3 , e afunda quando sua densidade é maior do que 1 g/cm^3 , a questão que se propõe nesta fase é a investigação de uma lei válida para outros líquidos.

Como introdução ao problema, cuja solução deve ser investigada, é interessante que se apresente para a classe a seguinte situação, cuja observação leva à necessidade de novas investigações:

1ª) Apresenta-se à classe duas cubas contendo líquidos, aparentemente iguais (água e álcool), em quantidades diferentes, sem informar aos alunos os seus conteúdos;

2ª) Coloca-se em uma das cubas (com água) uma vela e pedem-se explicações para a classe sobre o comportamento observado (a vela flutua na água).

3ª. Coloca-se na outra cuba (com álcool) a mesma vela e pede--se explicações a respeito do comportamento observado (a vela afunda no álcool).

Os comportamentos dos alunos diante deste fenômeno inesperado (uma vez que os líquidos são aparentemente iguais) são bastante interessantes. Alguns alunos sugerem que as quantidades de líquidos precisam ser igualadas. Outros sugerem que se utilize outro pedaço de vela para observação. Outros ainda, logo de início, afirmam que os líquidos não são iguais. Após as discussões entre os alunos ocorre o acordo de que os líquidos devem ser diferentes.

A conseqüente discussão sobre os motivos das diferenças do comportamento da vela nos dois líquidos, na maioria das vezes, leva os alunos a levantarem a hipótese de que a densidade dos líquidos deve ser a responsável pelos

fenômenos observados.

Diante destes fatos, o professor deve deixar evidente que a Lei de Flutuação, até então conhecida, é insuficiente para explicar estes fenômenos, sendo então necessário que investigações sejam feitas a respeito do seguinte problema:

"Quais as condições que devem ser obedecidas para que um corpo flutue ou afunde em um líquido?"

ou

"O que faz com que um corpo flutue ou afunde em um líquido?"

Neste momento, a critério do professor, a classe pode passar ao planejamento de um experimento, ou antes, disso, a uma discussão explícita que leve à formulação de hipóteses para o problema proposto.

Nas ocasiões em que observamos a atuação de classes nesta etapa, pudemos constatar que na maioria das vezes a hipótese da influência da densidade do líquido surge com bastante naturalidade. Ainda, pudemos notar alguns alunos que perguntavam o valor da densidade da água, o que mostra que suspeitavam de uma possível relação entre as densidades do líquido e do corpo. Entretanto, apareceram com pouca frequência a hipótese que explicita que: "... para que um corpo flutue em um líquido é necessário que sua densidade seja menor do que a do líquido e para que afunde sua densidade deve ser maior".

Assim sendo, dependendo do encaminhamento da discussão pode ocorrer que essa última hipótese não seja formulada espontaneamente. Se isso ocorrer, é interessante que o professor direcione a investigação desta fase em dois momentos:

1º) Planejamento e obtenção de dados parciais sobre os valores de densidades dos líquidos.

2º) Discussão dos dados obtidos e retomada do problema, com elaboração das hipóteses acima, que são necessárias à finalização da investigação. (O que é fácil de ser conseguido, uma vez que a densidade da água — 1 g/cm^3 — possui valor idêntico à densidade do corpo em situação "limite" neste líquido).

2. Elaboração de um Plano de Trabalho

Nossas indicações para o desenvolvimento desta etapa de investigação são basicamente as que foram discutidas para a realização do planejamento para o experimento da 2ª fase, onde sugerimos que:

1. A elaboração do plano de trabalho seja feita inicialmente em cada grupo, passando a uma discussão e sistematização com toda a classe. (Para orientação dos alunos, o professor pode utilizar um roteiro geral como os sugeridos no Anexo A - Roteiros 3 e 4.)
2. O professor observa e coordena os dois momentos de elaboração, procurando identificar as dificuldades dos alunos fazer as indicações necessárias à obtenção de um planejamento coerente com as finalidades da investigação.

Em geral, os alunos propõem o seguinte procedimento:

- a) Medir as densidades dos líquidos em estudo (água, álcool, solução de água e sal, óleo etc.) através da medida da massa - em balança - de uma certa quantidade de líquido, e o respectivo volume — em proveta.
- b) Medir a densidade de vários objetos, observarem seus comportamentos nos líquidos e comparar o valor das densidades (corpo e líquido).

A análise desta proposta mostra que, da mesma maneira que na 2ª fase de investigação, a dificuldade dos

alunos encontra-se em perceber a importância do estudo da situação "limite".

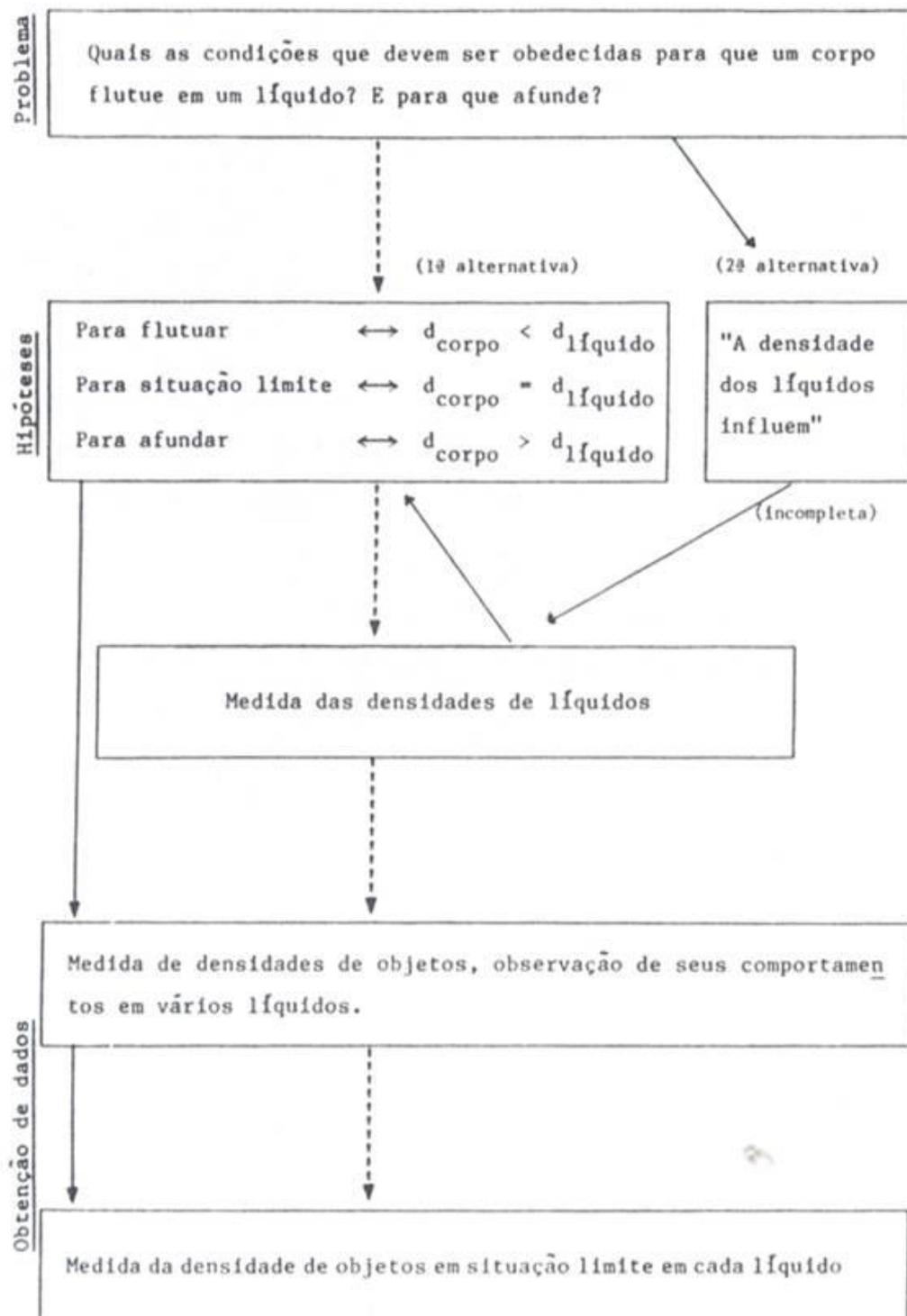
Assim, cabe ao professor discutir e acrescentar ao procedimento proposto pelos alunos a seguinte complementação;

- Medir a densidade de corpos bem próximos da situação "limite" em cada líquido em estudo.

Observe-se que este encaminhamento deve ser adaptado pelo professor em função das hipóteses iniciais da classe.

O diagrama a seguir ilustra duas alternativas possíveis para a investigação dos alunos nesta fase.

3ª Fase de Investigação: Estudo da Flutuação em Vários Líquidos



3. Obtenção dos Dados

Nossas sugestões para o trabalho nesta etapa, em linhas gerais, são as mesmas indicadas para a obtenção dos dados nas 1ª e 2ª fases de investigação. Assim, trataremos apenas dos aspectos específicos da 3ª fase, tomando como referência o desenvolvimento da primeira alternativa mencionada no diagrama anterior, por esta englobar as sub-etapas da segunda alternativa.

De um modo geral, de posse das linhas gerais do procedimento, os grupos realizam o experimento sem grandes dificuldades, com o desenvolvimento das seguintes atividades:

1. Medida das densidades dos líquidos em estudo (água, álcool, solução de água e sal etc.).
2. Escolha de vários objetos que apresentem comportamentos diferentes nos líquidos e medida de suas densidades.
3. Escolha de um objeto que flutue no álcool e que permita variações de sua massa (recipientes pequenos com tampa).
4. Variação da massa do objeto acima, colocando chumbinho em seu interior, de modo que este fique bem próximo da situação "limite", quando imerso no álcool.
5. Medida da massa total do corpo na situação "limite" e do volume do mesmo.
6. Realização das atividades 3 a 5 com outros objetos e líquidos.

Alguns aspectos das atividades realizadas merecem uma interferência maior do professor, em função das dúvidas usuais dos alunos. O primeiro deles refere-se à medida de densidade de um líquido. Neste caso, nem sempre os alunos conseguem perceber um modo para medir a massa de uma certa porção de líquido.

Assim, é necessário que o professor indique um procedimento como o seguinte:

1. Medir a massa total de um recipiente que contenha a porção de líquido em estudo. Pode ser utilizada uma proveta pequena, onde o volume do líquido também já pode ser medido.
2. Medir a massa do recipiente vazio.
3. Subtrair os resultados obtidos:

$$\text{massa do líquido} = \text{massa total (recipiente + líquido)} - \text{massa do recipiente}$$

O segundo aspecto, que exige uma orientação mais detalhada do professor, trata-se de "qual a quantidade de líquido que deve ser considerada para medida da densidade". Nesta situação, é interessante que o professor deixe para discutir a irrelevância de se determinar a quantidade, para o momento de discussão das medidas obtidas, onde o aluno poderá concluir facilmente este fato. Assim, o professor pode determinar as quantidades a serem medidas em cada grupo (por exemplo, dois grupos utilizam 10 ml, dois grupos utilizam 20 ml- e assim por diante) de modo a propiciar a discussão posterior desta questão.

Um último aspecto que merece cuidado é o da organização dos dados obtidos. Como uma forma de sistematizar e agilizar as atividades pode ser feito:

- 1) Uma distribuição do trabalho entre os grupos (por exemplo, cada grupo estuda um total de quatro objetos em dois líquidos).
- 2) Montagens de tabelas na lousa a serem preenchidas e utilizadas por toda a classe, como as exemplificadas a seguir.

A. Densidades de Líquidos

| ÁGUA | | | | ÁLCOOL | | | |
|-------|-------|----------------------|------------------------|--------|-------|----------------------|------------------------|
| Grupo | m (g) | V (cm ³) | d ($\frac{g}{cm^3}$) | Grupo | m (g) | V (cm ³) | d ($\frac{g}{cm^3}$) |
| 1 | - | 10 | - | 1 | - | 10 | - |
| 2 | - | 10 | - | 2 | - | 10 | - |
| 3 | - | 20 | - | 3 | - | 20 | - |
| 4 | - | 20 | - | 4 | - | 20 | - |
| 5 | - | 30 | - | 5 | - | 30 | - |
| 6 | - | 30 | - | 6 | - | 30 | - |

B. Objetos em Líquidos

| Grupo | Corpo | Líquido | d _{corpo} (g/cm ³) | d _{líquido} (g/cm ³) | Comportamento |
|-------|-------|---------|---|---|---------------|
| 1 | vela | álcool | - | - | afunda |
| 2 | vela | água | - | - | flutua |
| 3 | | | | | |
| 4 | (etc) | (etc) | | | |
| . | | | | | |
| . | | | | | |
| . | | | | | |

C. Corpos em "limite" na água

| Grupo | d _{água} ($\frac{g}{cm^3}$) | d _{corpo} ($\frac{g}{cm^3}$) |
|-------|--|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| . | | |
| . | | |
| . | | |

D. Corpos em "limite" no álcool

| Grupo | $d_{\text{álcool}} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$ | $d_{\text{corpo}} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$ |
|-------|---|--|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| ⋮ | | |
| ⋮ | | |
| ⋮ | | |

4. Discussão sobre as Conclusões

Como fruto de todo o trabalho anterior, é usual que os alunos já apresentem neste momento, uma certa facilidade em fazer uma discussão sobre os dados obtidos. De fato, pudemos observar com frequência, que à medida que a classe vai obtendo os dados, os grupos automaticamente passam a analisá-los e muitas vezes chegam, com bastante autonomia, a estabelecer uma conclusão satisfatória.

Entretanto, dependendo das condições particulares da classe, que pode desconhecer algumas das formas usuais de tratamento de dados, ou ainda, em função das dificuldades específicas de cada grupo, o professor pode fazer um encaminhamento desta etapa de modo análogo à discussão das conclusões da 2ª fase.

Neste sentido, sugerimos que o professor:

1. Promova uma discussão que leve ao aprofundamento da noção de densidade de substâncias.
2. Retome o aspecto da precisão das medidas e das fontes de erro.

Com relação ao primeiro aspecto, esse momento de discussão, a nosso ver, é privilegiado para levar o aluno a refletir sobre o caráter proporcional do relacionamento entre as grandezas envolvidas.

Uma das formas de tratar este assunto poderia ser através da análise dos dados obtidos para a medida de densidade de um líquido, como os que exemplificamos na TABELA III, para o caso da água.

TABELA III - Dados obtidos para determinação da densidade da água

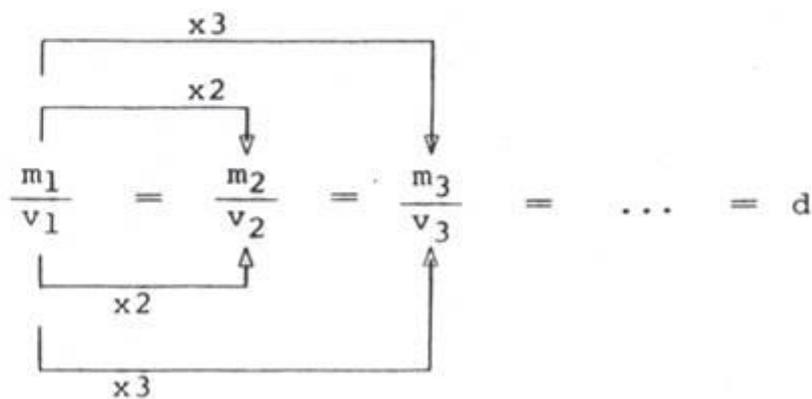
| Grupo | m (g) | V (cm ³) | d* ($\frac{g}{cm^3}$) |
|-------|-------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 10,3 | 10 | 1,03 |
| 2 | 9,8 | 10 | 0,98 |
| 3 | 20,2 | 20 | 1,01 |
| 4 | 20,8 | 20 | 1,04 |
| 5 | 28,8 | 30 | 0,96 |
| 6 | 29,7 | 30 | 0,99 |

*Estes valores são resultados brutos da divisão de m por v, expressos ainda sem as aproximações que lhes são devidas.

A determinação do valor mais adequado para a densidade da água exige considerações a respeito da precisão dos dados quanto ao número de algarismos significativos adequados ao resultado (no exemplo dado, deveríamos ter apenas dois algarismos) e o cálculo do valor médio dos resultados, uma vez que este é o que melhor representa as densidades encontradas. Com este procedimento chegaríamos, para este exemplo, a estabelecer a densidade da água em 1,0 g/cm³.

Para evidenciar a proporcionalidade implícita neste resultado — a massa de determinadas porções de líquido e seus respectivos volumes são grandezas diretamente proporcionais — o professor pode trabalhar com os valores da tabela, mostrando que ao ser duplicado (ou triplicado) o volume, obteve-se também uma duplicação (ou triplicação) de massa, de modo que ao serem calculadas as razões entre m e v obteve-se sempre o mesmo valor. Em termos simbólicos, esta análise poderia ser assim representada:

$$\frac{10,3}{10} \approx \frac{20,2}{20} \approx \frac{28,8}{30} \approx \dots \approx 1,0$$



Uma vez que estas noções estejam estabelecidas, fica bastante fácil a análise de outras tabelas montadas pela classe que leve à solução final do problema.

As TABELAS IV e V, a seguir, mostram os dados obtidos por uma classe de 2º colegial para os líquidos álcool e óleo.

TABELA IV - Dados obtidos para o álcool

| Grupo | $d_{\text{álcool}}$ (g/cm ³) | $d_{\text{corpo em "limite" no álcool}}$ (g/cm ³) |
|--------|---|--|
| 1 | 0,81 | 0,81 |
| 2 | 0,85 | 0,85 |
| 3 | 0,80 | 0,82 |
| 4 | 0,83 | 0,81 |
| 5 | 0,83 | 0,80 |
| 6 | 0,83 | 0,86 |
| Classe | Média: 0,82 | 0,82 |

TABELA V - Dados obtidos para o óleo

| Grupo | $d_{\text{álcool}}$ (g/cm ³) | $d_{\text{corpo em "limite" no óleo}}$ (g/cm ³) |
|-------|---|--|
| 1 | 0,92 | 0,87 |
| 2 | - | - |
| 3 | 0,84 | 1,1 |
| 4 | 0,78 | - |
| 5 | - | - |
| 6 | 0,92 | 0,96 |

De um modo geral, os alunos não encontram dificuldades em analisar os dados como os exemplificados na TABELA IV, onde as diferenças entre as densidades do líquido e do corpo em situação "limite" no mesmo são desprezíveis para o grau de precisão dos dados. Nos casos como os da TABELA V, uma grande interferência do professor é necessária, no sentido de orientar uma retomada de dados ou até, após um levantamento das fontes de erro que possivelmente afetam as medidas (que são inúmeras no caso do óleo), desprezar os dados obtidos para este líquido em particular.

Um último aspecto que os alunos apontam nesta etapa de discussão refere-se às comparações entre os resultados obtidos por sua classe e os que são "corretos". Perguntas como: "(...) qual é o valor certo para a densidade da água?", ou ainda: "(...) esta nossa conclusão é verdadeira?", são bastante frequentes, e exigem do professor uma série de esclarecimentos que possam levar o aluno, por um lado, a um questionamento sobre a confiabilidade do trabalho experimental realizado e, por outro, ao conhecimento dos resultados comumente aceitos, que constam de tabelas e livros didáticos. Neste sentido, em função do grau de interesse e das possibilidades da classe, o professor pode sugerir e orientar os alunos na execução de pequenos trabalhos de pesquisa de assuntos relacionados ao tema em estudo.

5. Sistematização de Conhecimentos

Para orientar o trabalho dos alunos nesta etapa, o professor pode proceder de maneira análoga às sistematizações realizadas nas fases anteriores.

6. Resolução de Exercícios. Realização e Análise de Outros Experimentos sobre Flutuação

No Anexo C apresentamos três listas de questões e exercícios que podem ser utilizados nesta etapa. Na primeira delas (Exercícios - 3) são propostas questões tanto qualitativas como quantitativas, que tem por finalidade contribuir para a compreensão do significado de densidade de materiais e da relação de proporcionalidade implícita neste caso.

As questões para reflexão e aplicação da Lei de Flutuação são apresentadas na lista de "Exercícios - 4". Com este objetivo básico, propomos ainda alguns experimentos bem simples (Exercícios - 5), que podem ser realizados em casa pelo aluno, e discutidos posteriormente em aula.

3.6 - SUGESTÕES PARA AVALIAÇÃO

A nosso ver, é fundamental que o professor faça avaliações ao longo do desenvolvimento de todo esse processo a fim de que possa detectar as dificuldades dos alunos e conseqüentemente possa propor alternativas que visem à superação destas.

Para tal, ao término de cada uma das fases de investigação, a critério do professor, podem ser utilizados alguns dos instrumentos de avaliação seguintes:

1. Resumo individual do trabalho.
2. Relatórios elaborados individualmente ou em grupos.
3. Provas com resolução de questões qualitativas e quantitativas.

4 - A Aplicabilidade desta Proposta Metodológica

A possibilidade de aplicação total ou parcial desta proposta esta condicionada a uma série de fatores que vão desde as condições materiais da escola e o tempo necessário para o seu desenvolvimento, até a relação do conteúdo e da forma de trabalho em classe com as programações e metodologias usualmente utilizadas na maioria de nossas escolas.

Um dos aspectos a serem analisados refere-se à dificuldade do professor em dar aulas práticas de laboratório por falta do material necessário, ou por estas atividades exigirem um preparo conceitual mais aprimorado do professor. Com o intuito de minimizar estes problemas, procuramos neste trabalho orientar as atividades do professor de modo detalhado, e optamos por materiais simples que podem ser trazidos para a escola pelos próprios alunos, com exceção das balanças e provetas que são necessárias pelo menos duas de cada tipo, para classes de aproximadamente trinta alunos (desde que se faça sua utilização através de um rodízio entre os grupos).

Um segundo aspecto que merece ser discutido é o que se refere mais especificamente à relação entre o conteúdo tratado nesta proposta e os outros conteúdos estudados em Física no 1º e 2º graus. Uma preocupação nossa ao elaborarmos esta metodologia foi a escolha de um conteúdo, que não exija como pré-requisitos, conhecimentos que o aluno precisaria adquirir na escola. Assim, o tema proposto neste trabalho pode ser estudado no início dos cursos de Física (8ª série do 1º grau ou 1ª série do 2º grau). Apesar desta ser nossa indicação geral, acreditamos que estas atividades também possam ser aplicadas, desde que sejam devidamente simplificadas ou adaptadas, em outras séries de cursos de Ciências ou de Física.

Um último aspecto que pode preocupar o professor é a quantidade de tempo necessária ao desenvolvimento desta proposta, uma vez que os programas usuais para os cursos de Física são bastante extensos, e para serem "cumpridos", levam o professor, na maioria das vezes, a optar por atividades "mais rápidas" como aulas expositivas.

Embora não nos seja possível aprofundar a análise desta questão, por esta ser bastante complexa e extrapolar os limites deste trabalho, acreditamos que é da maior importância que o professor reflita seriamente até onde a preocupação acentuada em cumprir programas pré-estabelecidos, em detrimento de uma compreensão adequada dos temas estudados, é a melhor opção educativa.

A nosso ver, as transformações que são necessárias no ensino atual de Física podem ser efetuadas através de uma transição gradual, na qual a vivência de novas práticas em sala de aula permita ao professor uma avaliação contínua dos procedimentos utilizados.

Neste sentido, atividades de investigação experimental como as propostas neste trabalho podem ser alternadas com outros métodos de ensino. Ou seja, ao longo do desenvolvimento do trabalho, em função da natureza do conteúdo e do momento em que este é estudado, o professor pode optar por diferentes procedimentos para o seu estudo em classe.

Nas ocasiões em que adotamos esse tipo de encaminhamento para o ensino da Física em uma escola particular de 2º grau, obtivemos resultados satisfatórios para uma parte considerável dos alunos. Durante vários anos, o tema inicial tratado na 1ª série era a flutuação dos corpos, onde aplicávamos a proposta descrita neste trabalho, durante todo 1º bimestre. Nos bimestres seguintes, estudávamos os assuntos habitualmente ensinados neste nível, sobre Hidrostática, Termologia e ainda alguns da Óptica Geométrica, com as adaptações necessárias à formação de um conjunto harmônico e com grau de complexidade matemática crescente.

Nessas situações pudemos constatar que o problema relativo à grande quantidade de tempo necessário às

investigações experimentais poderia ser minimizado ao longo do ano. O embasamento construído no início permitia que as investigações posteriores fossem realizadas em menos tempo e possibilitava a uma parte considerável dos alunos um entendimento de outros assuntos, com o uso de métodos que demandam menos tempo em classe. Ou seja, as investigações experimentais promoviam o desenvolvimento tanto de noções que serviam de referencial para o estudo de outros conteúdos de um modo mais formalizado, como de uma atitude motivada e independente dos alunos, que permitiam que estes estudassem mais tempo fora do horário de aulas, imprimindo um ritmo maior ao desenvolvimento do programa.

Embora tenhamos constatado aspectos positivos no uso de uma combinatória de métodos e de enfoques, também ficou evidente que uma parte dos alunos não conseguia acompanhar o trabalho nos momentos em que este era desenvolvido de uma maneira mais formal. Este fato gerava não apenas diferenças acentuadas nos resultados das provas, como também oscilações no empenho e interesse da classe.

Esse problema e as outras dificuldades que mencionamos a respeito da aplicabilidade desta proposta metodológica, convergem na necessidade urgente de buscar soluções para uma série de questões intrinsecamente ligadas e que se encontram ainda em aberto.

Sem dúvida, o encaminhamento destes problemas exige alterações profundas nas condições de trabalho do professor e de sua própria formação, sendo necessária a realização de estudos que levem a uma reformulação efetiva dos currículos comumente adotados em nossas escolas, tanto com relação aos conteúdos ensinados como no que se refere à metodologia empregada. Neste último caso, julgamos que as atividades de investigação experimental são privilegiadas em oferecer a chance de um melhor entendimento da Física e a formação de uma postura no aluno de contínua busca de conhecimentos.

5 - Bibliografia

- ABIB, M. L. V. S. A Interferência do nível de desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de um conteúdo de Física. São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação da USP, 1983. [Tese de Mestrado]
- CARVALHO, A. M. P. Física: Uma Proposta Construtivista. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1989.
- CASTRO, A. D. Piaget e a Didática. São Paulo, Saraiva, 1974.
- FLAVELL, J. A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget. São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1975.
- FURTH, H. Piaget na Sala de Aula. Rio de Janeiro, Forense-Universitária, 1982.
- HALBWACHS, F. "La Física dei Professor entre Ia Física dei Físico y Ia Física dei alumínio". Revista de Ensenanza de la Física. República Argentina, 1(a):77-89, 1985.
- INHELDER, B.; PIAGET, J. Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente. São Paulo, Pioneira, 1976.
- LAWSON, A. E.; WOLLMAN, W.; WARREN, T. P. "Physics problems and the process of self regulation. The Physics Teacher. vol. 13, (8):470-475. 1975.
- PIAGET, P.; GARCIA, R. Les explications causales. Presses Univesitaires de France, Paris, 1971.

ANEXO A - ROTEIROS

R O T E I R O 1

LEI DE FLUTUAÇÃO DOS CORPOS

1ª Fase - Estudo Qualitativo

Problema: Quais as propriedades de um corpo que influem em seu comportamento (flutuar ou não) na água?

Atividades: 1 - Observação livre: - Com o material disponível realizem observações que os auxiliem na solução do problema proposto. Anotem os aspectos importantes.

2 - Levantamento de hipóteses: à medida que foram realizando as observações, através de discussão pormenorizada das idéias apresentadas pelos elementos do grupo, façam um levantamento de possíveis respostas do problema.

Questões: 1 - Apresentem, de modo organizado e resumido, todos os aspectos das observações realizadas que julgarem importantes.

2 - Citem as hipóteses levantadas pelo grupo.

3 - Façam uma avaliação geral do experimento.
(críticas, sugestões, etc.)