



Licenciatura em Física  
Instituto de Física  
UFRJ

**PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE FINAL DE CURSO**

**PROPOSTA PARA ENSINO  
EXPERIMENTAL DE HIDROSTÁTICA**

**Gladston Francisco Paolucci Pimenta**

**Orientador:**

**João José Fernandes de Sousa (IF – UFRJ)**

**Banca:**

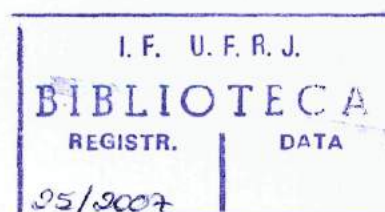
**Francisco Artur Braun Chaves (IF – UFRJ)**

**Júlio Maria Neto (IF – UFRJ)**

**Susana de Souza Barros (IF – UFRJ) – Suplente**

**Dezembro de 2007**

**25/2007**



## RESUMO

Neste trabalho desenvolvemos uma proposta de apresentação do conteúdo de Hidrostática para o ensino médio.

A proposta tem por base a utilização de experimentos acompanhados de roteiros programados, criados levando-se em consideração a interação do aluno com o experimento, calcado na construção do conhecimento de forma gradativa, onde a interação entre o aluno e o experimento apóia-se no conhecimento prévio adquirido nas observações anteriores. Os textos fora meticulosamente preparado para tal, propiciando uma interação dinâmica do aluno com o experimento.

O presente trabalho apresenta um planejamento do curso de Hidrostática, incluindo os objetivos a serem alcançados em cada conteúdo conceitual. Dentro do conteúdo de Hidrostática, o tema **Força de Empuxo** foi selecionado para um maior detalhamento. Para este tema, é apresentado um plano de aula detalhado.

Os experimentos a serem utilizados neste tema foram criados pelo autor, assim como os respectivos roteiros programados. São experimentos de simples construção, que podem ser reproduzidos nas escolas ou adquiridos no mercado.

Palavras-chaves: Empuxo, Hidrostática, Peso aparente

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Materiais utilizados na observação da variação do empuxo em função da densidade do líquido deslocado .....	14
FIGURA 2 – Variação da posição do ovo quando se adiciona sal de cozinha na água .....	15
FIGURA 3 – Materiais utilizados no experimento de observação das variáveis que determinam o empuxo .....	16
FIGURA 4 – Massas utilizadas como padrão na situação 1.....	17
FIGURA 5 – Situação 1: pesagem dos corpos não mergulhados .....	18
FIGURA 6 – Situação 1: pesagem dos corpos mergulhados .....	19
FIGURA 7 – Massas utilizadas como padrão na situação 1.....	20
FIGURA 8 – Situação 2: pesagem dos corpos não mergulhados .....	21
FIGURA 9 – Situação 2: pesagem dos corpos mergulhados .....	22
FIGURA 10 – Materiais utilizados na situação 3 .....	23
FIGURA 11 – Situação 3: pesagem do corpo mergulhado na salmoura .....	24
FIGURA 12 – Materiais utilizados no experimento de empuxo e volume de líquido deslocado	25
FIGURA 13 – Ajuste do equilíbrio da balança .....	26
FIGURA 14 – Posicionamento do frasco.....	27
FIGURA 15 – Recolhimento do volume de líquido deslocado .....	28
FIGURA 16 – Observação do desequilíbrio provocado na balança devido ao empuxo sobre o corpo mergulhado .....	28
FIGURA 17 – Observação da balança retornando ao equilíbrio ao adicionarmos o líquido deslocado .....	29
FIGURA 18 – Balança retorna à posição de equilíbrio .....	30
FIGURA 19 – Massas utilizadas como padrão para determinação da constante elástica da mola do dinamômetro .....	31

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Relação de assuntos, objetivos, habilidades /competências /atitudes .....	33
QUADRO 2 – Detalhamento do plano de unidade - Assunto I: Massa específica e densidade .	34
QUADRO 3 – Detalhamento do plano de unidade - Assunto II: Força de empuxo: o princípio de Arquimedes .....	34
QUADRO 4 – Detalhamento do plano de unidade - Assunto III: Pressão .....	35
QUADRO 5 – Plano de aula: Força de empuxo: o princípio de Arquimedes .....	36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	6
1.1	POR QUE ENSINAR HIDROSTÁTICA.....	6
1.2	TEMPO DISPONÍVEL x CONTEÚDO A SER APRESENTADO.....	6
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO APRESENTADO .....	7
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	9
2.1	CONCEITOS DE APRENDIZAGEM .....	9
2.2	A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO DE FÍSICA .....	11
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS</b> .....	13
3.1	A CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO PARA UTILIZAÇÃO PELO ALUNO .....	13
3.2	EXPERIMENTO I – OBSERVAÇÃO QUALITATIVA DA RELAÇÃO ENTRE O FLUIDO E O EMPUXO .....	14
3.3	EXPERIMENTO II – VARIÁVEIS QUE DETERMINAM O EMPUXO .....	16
3.4	EXPERIMENTO III – O EMPUXO E O VOLUME DE LÍQUIDO DESLOCADO .....	25
3.5	DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA DO DINAMÔMETRO .....	30
<b>4</b>	<b>PROPOSTA DE PLANEJAMENTO PARA HIDROSTÁTICA</b> .....	32
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	37
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	38
<b>7</b>	<b>APÊNDICES</b> .....	39

# 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## 1.1 POR QUE ENSINAR HIDROSTÁTICA UTILIZANDO EXPERIMENTOS

Seriam necessárias diversas páginas para listarmos exemplos acerca da importância do ensino de Hidrostática. Ilustraremos este trabalho com alguns que julgamos mais relevantes. Os conceitos de massa, densidade e massa específica são tão importantes que permeiam todo o ensino de Física. A Hidrostática permite uma consolidação destes conceitos, mesmo que já tenham sido apresentados em outros tópicos abordados anteriormente.

Os conceitos de transmissão de pressão nos fluidos permitem um entendimento de diversas máquinas hidráulicas, bastante presentes no nosso cotidiano. O princípio dos vasos comunicantes também está presente nas instalações hidráulicas da nossa residência. Podemos continuar citando diversos outros exemplos em que estes e outros conceitos de Hidrostática se fazem presentes em momentos simples de nossa vida, como o ato de boiar n'água, andar na neve macia com calçados de grande área de contato, o uso do canudo para ingerir bebida ou quando medimos nossa pressão arterial. Outras utilizações com cunho mais tecnológico podem ser citadas, tais como os freios dos automóveis, as técnicas de mergulho e seus diversos equipamentos, bóias para amarração de navios, colete salva-vidas, içamento de objetos submersos através de bóias ou injeção de ar comprimido, construção de grandes aquários ou de barragens de hidrelétricas.

*Segundo Quirino e Lavarda (2001), o uso de experimentos pode ser uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de formas alternativas de ensinar Física. De acordo com a experiência dos autores, quando o professor introduz os experimentos em uma sala de aula comum, ele se vê frente a um novo comportamento dos alunos: mais interessados e participativos.*

*A utilização dos roteiros com uma estrutura adequada, através de uma instrução programada, estimula o raciocínio e evita a aprendizagem mecânica. Permite ainda que o aluno possa fixar os conceitos de operacionalização com vetores, operacionalizar matemática e medidas de grandezas físicas.*

## 1.2 TEMPO DISPONÍVEL X CONTEÚDO A SER APRESENTADO

A apresentação dos tópicos relativos à Hidrostática no ensino médio tem sido, de certa forma, prejudicada quando da priorização dos conteúdos necessários para o ensino de Física a serem apresentados. Tal conteúdo é “espremido” no final da primeira (ou segunda) série do ensino médio, devido ao extenso conteúdo dos outros tópicos de Mecânica.

Considerando as entrevistas realizadas com alguns professores de Física da rede de ensino público e particular, podemos afirmar que a maioria dispõe de 4 a 6 tempos de aula para abordar os conceitos de Hidrostática.

A Reorientação Curricular para o Ensino Médio, apresentada pela Secretaria Estadual de Educação do Estado do Rio de Janeiro no ano passado (SEE, 2006) propõe uma estrutura para a seriação no ensino médio na qual todo o conteúdo de Mecânica deve ser apresentado na segunda série.

Nesta mesma proposta de reorientação o ensino de Hidrostática é indicado como *opcional*, assim como *Movimento Circular*, *Gravitação Universal*, *Movimento Oscilatório* e *Quantidade de Movimento*. O professor deve escolher pelo menos um destes temas opcionais para lecionar nesta série.

Considerando-se a importância do ensino de Hidrostática no ensino médio, torna-se necessário organizar o conteúdo a ser abordado de forma simples e objetiva, desenvolvendo os planos de aula, utilizando experimentos e roteiros de acompanhamento pelo aluno, para viabilizar a apresentação do conteúdo em um reduzido número de aulas a ser definido.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO APRESENTADO

Este trabalho aborda uma estrutura de apresentação do conteúdo relativo ao Empuxo apoiada na experimentação, com a utilização de kits construídos pela escola ou pelos próprios alunos em atividades programadas. A utilização dos experimentos é acompanhada de roteiros didáticos que levam os alunos à construção do conhecimento de forma sólida, reduzindo o tempo necessário para a exposição didática.

A estrutura aqui apresentada para a abordagem dos conceitos de empuxo é válida para todo o conteúdo de Hidrostática, assim como para qualquer outro conteúdo do ensino de Física.

Utilizando o plano de unidade apresentado posteriormente neste trabalho, o professor poderá escolher na literatura disponível uma relação de experimentos que possam ser utilizados para abordar o restante do conteúdo de Hidrostática segundo esta mesma estrutura de utilização de roteiros para o aluno.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONCEITOS DE APRENDIZAGEM

O desenvolvimento do raciocínio no ensino das ciências na escola requer a apropriação de conceitos reais e pertinentes ao cotidiano. Estes possuem um grau de abstração elevado se considerarmos a aprendizagem memorística, mecânica, que se incumbe da reprodução sistemática do conteúdo apresentado.

As conquistas no campo da psicologia educacional permitem o entendimento de que a aprendizagem obedece a processos gradativos de interação entre o interno e o externo, num sistema de assimilação e acomodação constante ao longo do desenvolvimento cognitivo do indivíduo.

Pelo próprio fato de que qualquer conhecimento é, ao mesmo tempo, acomodação ao objeto e assimilação ao indivíduo, o progresso da inteligência se opera no duplo sentido da exteriorização e da interiorização e tem como pólos o apossar-se da experiência física e a conscientização do próprio funcionamento intelectual. É por isso que toda grande descoberta experimental, no campo das ciências exatas, é acompanhada por um progresso reflexivo do raciocínio sobre si mesmo (da dedução lógico-matemática), isto é, em realidade, por um progresso na constituição do raciocínio enquanto atividade interior, de tal forma que não podemos decidir, definitivamente, se tal progresso da experiência é devido ao do raciocínio ou o contrário. (Piaget, 2003, p. 362)

Desta forma a experiência estimula o raciocínio o qual infere sobre outras questões que levam a outros experimentos, caracterizando a aprendizagem pela interação entre a teoria e a testagem e experimentação, entre o relacionamento direto de hipóteses e comprovações que geram outras hipóteses. A interação entre as partes desse processo, ou seja, sujeito e objeto, possibilitam a compreensão e posterior aplicação do conceito em novas situações. A aprendizagem acontece de forma que o sujeito, utilizando-se dos sentidos físicos, constrói, gradativamente, a imagem do real (externo) no ambiente cognitivo (interno). Neste contexto, é de

grande valia e importância o conhecimento prévio do aluno. No ensino das ciências, os experimentos e verificações permitem que conhecimentos já acomodados sejam ampliados.

Ausubel acrescenta que a eficácia da aprendizagem está na relevância que esta tem para o aprendiz e na interligação do conhecimento novo com o pré-existente. Ou seja:

O aprendizado significativo acontece quando uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado por parte do aprendiz em ligar a informação nova com conceitos ou proposições relevantes preexistentes em sua estrutura cognitiva. (Ausubel, apud MOREIRA, 1978, p. 159)

Há duas condições básicas para que a aprendizagem se efetue: o desejo ou disposição do aluno em aprender, sair do mecanicismo, interagir, descobrir e atuar; o potencial de significação do conteúdo ensinado pela escola, ou seja, o que é ensinado pelo professor associa-se a conceitos subsunçores, conhecimentos prévios, que servem de subsídios para assimilação e acomodação, efetuando-se, assim, a aprendizagem significativa. Nesta ótica, é relevante que haja um conteúdo mínimo a possibilitar este processo. O aspecto da vivência dentro ou fora do ambiente escolar deve ser considerado e enfatizado, em experimentações diversas e devidamente orientadas.

Não se trata, no entanto, de restringir o planejamento a pontos de interesses dos alunos, mas sim de despertar o interesse, envolvimento e participação nas atividades propostas. A construção do conhecimento se dá em ambiência desafiadora e significativa onde se observam três conceitos gerais descritos por El-Hani e Bizzo (2002):

- (i) o aluno, quando aprende de maneira significativa, não reproduz simplesmente o que lhe foi ensinado, mas constrói significados para suas experiências;
- (ii) compreender algo supõe estabelecer relações entre o que se está aprendendo e o que já se sabe;
- (iii) toda aprendizagem depende de conhecimentos prévios.

É comum que modelos de instrução sejam derivados diretamente das idéias construtivistas sobre a aprendizagem, resultando em propostas pedagógicas que buscam promover a evolução conceitual tipicamente com o seguinte procedimento El-Hani e Bizzo (2002):

- (1) Levantamento das concepções prévias dos alunos;
- (2) Esclarecimento e intercâmbio de idéias entre os aprendizes;
- (3) Criação de conflitos cognitivos;
- (4) Construção de novas idéias; e
- (5) Revisão do progresso alcançado e aplicação do que foi aprendido a outros contextos.

Não se trata de metodologia e sim de orientação epistemológica. Segundo El-Hani e Bizzo (2002):

Um modelo de instrução informado pelas idéias construtivistas não precisa concretizar em sala de aula as etapas do processo interno pelo qual o sujeito confere significado a suas experiências. A mobilização das concepções prévias, eventuais conflitos cognitivos e a construção de novas idéias são processos que têm lugar na mente do aprendiz, sempre que há aprendizagem significativa, independentemente do modelo de instrução.

No âmbito das orientações construtivistas e da aprendizagem significativa é que se situa o presente trabalho de pesquisa, sugerindo o desenvolvimento dos conceitos através de situações de interação, onde o sujeito atua diretamente na testagem de suas hipóteses e na formulação de novas possibilidades.

## 2.2 A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO DE FÍSICA

As orientações gerais presentes na Reorientação Curricular já citada (SEE, 2006) nos lembram que a introdução dos conceitos abstratos deve partir da análise de situações concretas. As demonstrações em sala de aula e atividades de laboratório permitem que o estudante compreenda melhor os conceitos físicos e os fenômenos aos quais eles se aplicam. Enfatizam a compreensão dos conceitos e a aplicação destes em situações concretas. A apresentação do

conteúdo única e exclusivamente em aulas expositivas pode resultar em estímulo a práticas como memorização de fórmulas e sua utilização repetitiva em exercícios numéricos artificiais.

A experimentação e a conjunta utilização da metodologia científica reforçam a familiaridade dos alunos com aparelhos e procedimentos de medida, desenvolvendo habilidades de fundamental importância para a continuidade dos seus estudos e para a sua futura inserção no mercado de trabalho.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.1 A CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO PARA UTILIZAÇÃO PELO ALUNO

O roteiro foi confeccionado levando-se em consideração a interação do aluno com o experimento, calcado na construção do conhecimento de forma cadenciada. O texto foi meticulosamente preparado para tal, propiciando uma interação dinâmica do aluno com o experimento.

As situações são claramente descritas, permitindo que um grupo de aluno possa utilizar o roteiro e os experimentos sem a atuação direta do professor.

A utilização da notação vetorial para a representação dos diagramas de corpo livre é auxiliada com uma malha milimetrada, de forma a explorar o uso das grandezas vetoriais presentes. Desta forma, além do aprendizado dos conceitos de empuxo, também são abordados os conceitos de vetores, tão importantes no ensino de Física e que serão utilizados em conteúdos posteriores.

As massas utilizadas como padrão neste trabalho foram medidas em uma balança de precisão (Fabricante: Coleman, Modelo: BN-300, Precisão: 0,01 g )



FIGURA 1 – Massas utilizadas como padrão nos experimentos.

### 3.2 EXPERIMENTO I – OBSERVAÇÃO QUALITATIVA DA RELAÇÃO ENTRE O FLUIDO E O EMPUXO

O primeiro experimento tem como objetivo avaliar qualitativamente a relação entre o empuxo que age em um corpo mergulhado em um líquido e a densidade deste líquido. Cabe ressaltar que os conceitos de massa e densidade já foram abordados em aulas anteriores e atuam como subsunçores para os novos conhecimentos..

Coloca-se um ovo dentro de cada um dos dois recipientes, inicialmente com água pura.

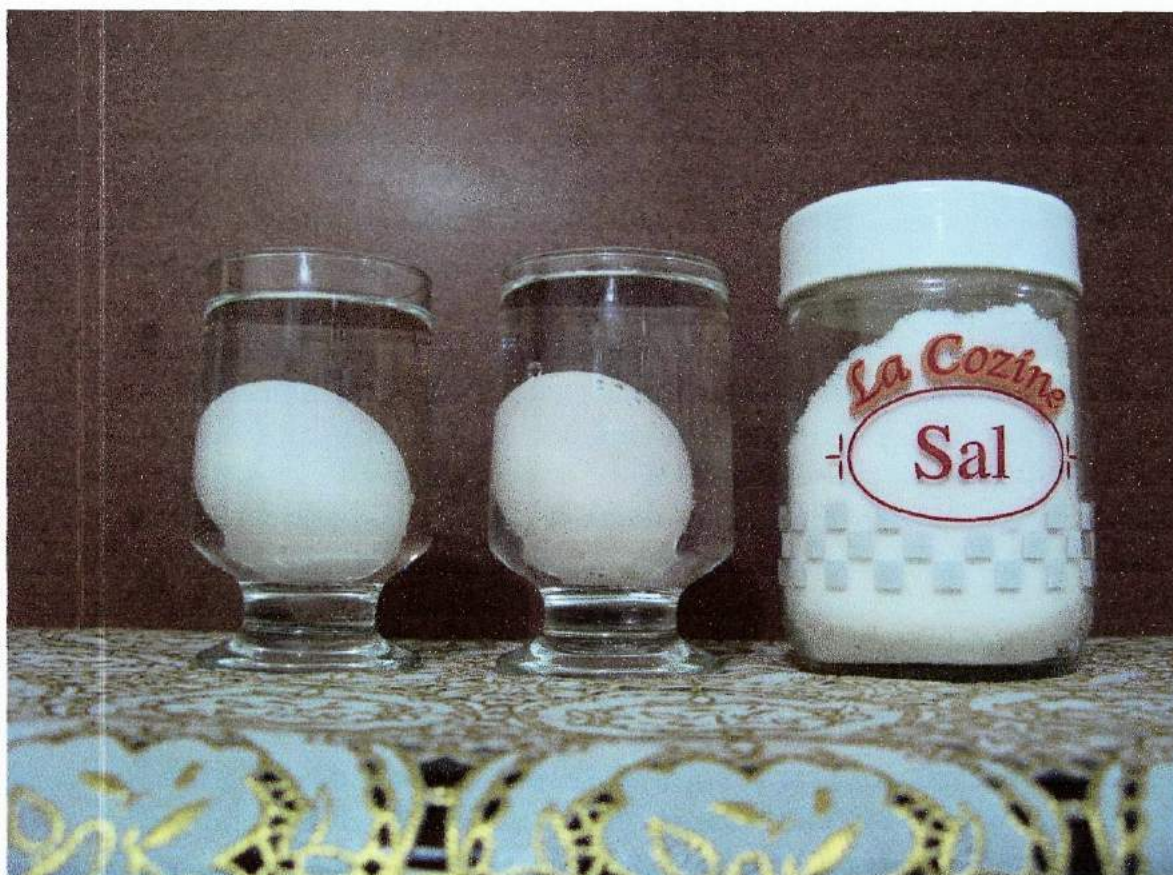


FIGURA 1 – Materiais utilizados no experimento de observação da variação do empuxo em função da densidade do líquido deslocado.

Adiciona-se sal de cozinha em um dos dois recipientes e observa-se a variação da posição do ovo.



FIGURA 2 – Variação as da posição do ovo quando se adiciona sal de cozinha na água.

Como parte do experimento, o aluno recebe o roteiro presente no apêndice I, no qual é solicitado ao aluno para fazer um diagrama do experimento. Com o preenchimento do roteiro (pg. 40) o aluno começa a lidar com as grandezas envolvidas (dimensões, nível de água nos recipientes). A utilização de dois recipientes permite que o aluno tenha sempre a condição inicial observada, ajudando na fixação da observação.

### 3.3 EXPERIMENTO II – VARIÁVEIS QUE DETERMINAM O EMPUXO

Este experimento tem como objetivo levar o aluno a identificar as variáveis que determinam o empuxo exercido por um fluido sobre um corpo.



FIGURA 3 – Materiais utilizados no experimento de observação das variáveis que determinam o empuxo.



São apresentadas 3 situações diferentes para permitir ao aluno uma clara identificação destas variáveis. Os trechos do roteiro que acompanha o experimento referentes aos itens a seguir encontram-se nas páginas indicadas entre parêntesis.

### 3.3.1 Situação 1 (p. 41 – 42)

Dois frascos de volumes diferentes são preenchidos com areia até que fiquem com o mesmo peso. No experimento construído foram utilizadas massas de 500 g, valor compatível com o intervalo de medida do dinamômetro utilizado.



FIGURA 4 – Massas utilizadas como padrão na situação 1.

O aluno mede os respectivos pesos em um dinamômetro. O valor da constante elástica da mola pode ser fornecido pelo professor ou ser calculado pelo aluno em uma atividade anterior a esta. A seta sobre a figura ressalta a posição da leitura do dinamômetro.

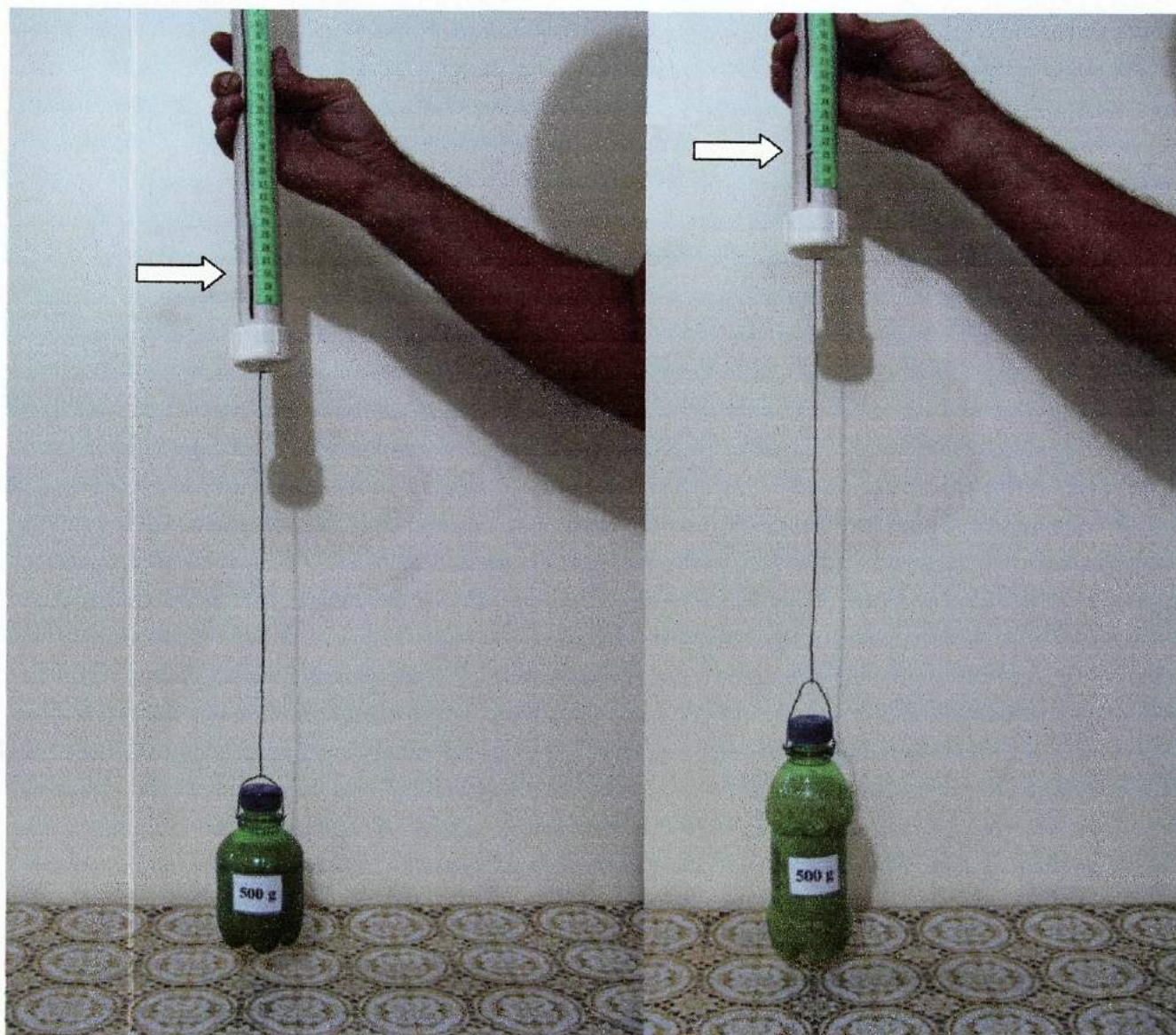


FIGURA 5 – Situação 1: pesagem dos corpos não mergulhados.

O aluno deve executar diversas leituras, obtendo um valor médio a ser considerado.

Posteriormente, os frascos são totalmente mergulhados em um recipiente com água e pesados nesta situação.

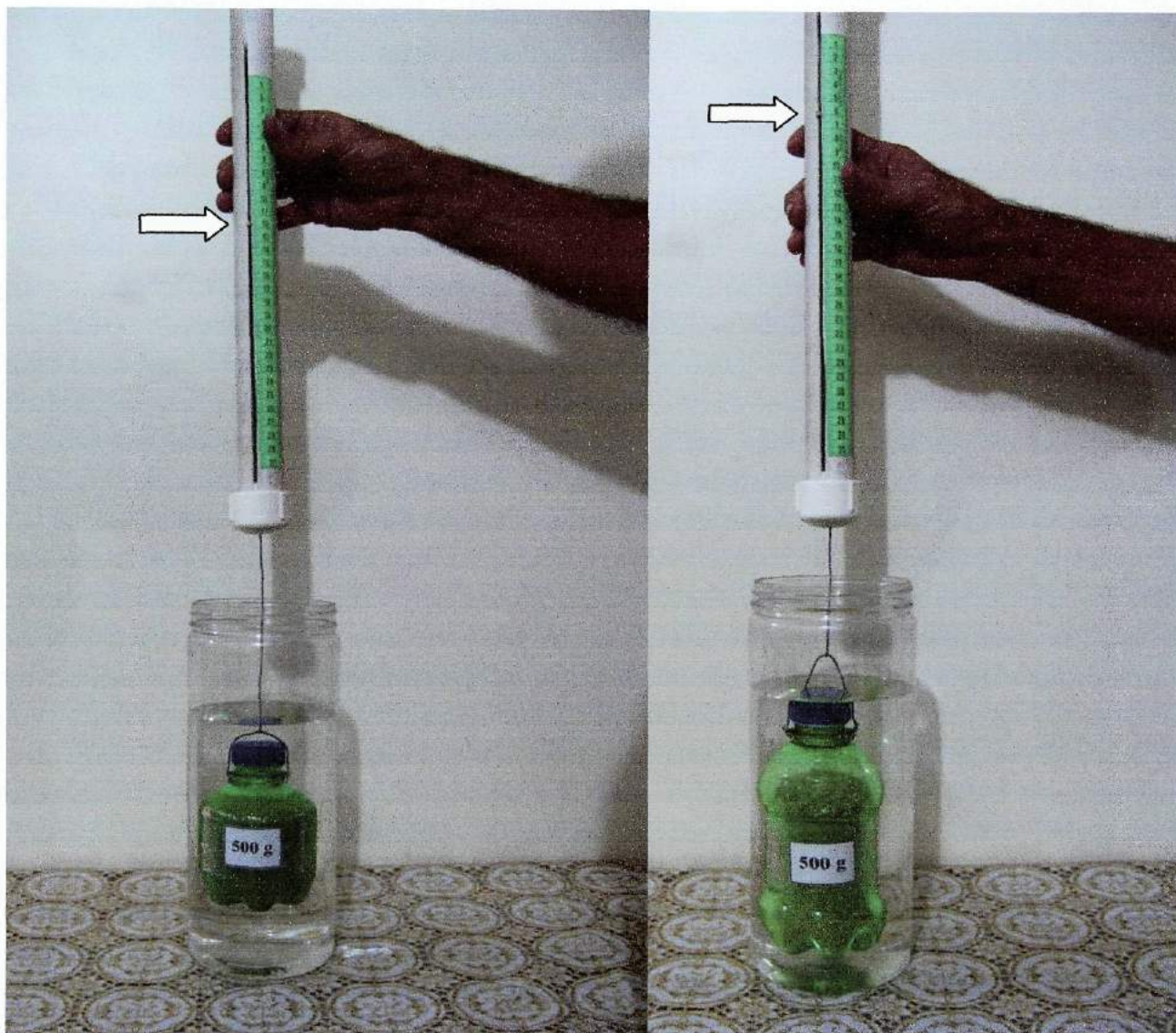


FIGURA 6 – Situação 1: pesagem dos corpos mergulhados.

O aluno deve anotar os valores das leituras no dinamômetro para os corpos mergulhados e não-mergulhados nos espaços disponíveis no roteiro do experimento e responder às respectivas perguntas (p. 41 – 42).

As diferenças entre as forças calculadas em cada caso deverão mostrar ao aluno que, apesar de terem o mesmo peso, os corpos possuem diferentes pesos aparentes quando mergulhados n'água. Os alunos não devem ser induzidos à resposta correta sem a observação do comportamento e a leitura correta das grandezas físicas.

### 3.3.2 Situação 2 (p. 43 a 45)

Dois frascos de volumes iguais são preenchidos com areia até que se obtenha pesos diferentes. No experimento construído foram utilizadas massas de 400 e 500 gramas, valores compatíveis com o range de medida do dinamômetro utilizado.



FIGURA 7 – Massas utilizadas como padrão na situação 2.

O aluno mede os respectivos pesos em um dinamômetro. Da mesma forma, o valor da constante elástica da mola pode ser fornecido pelo professor ou ser calculado pelo aluno em uma atividade anterior a esta.

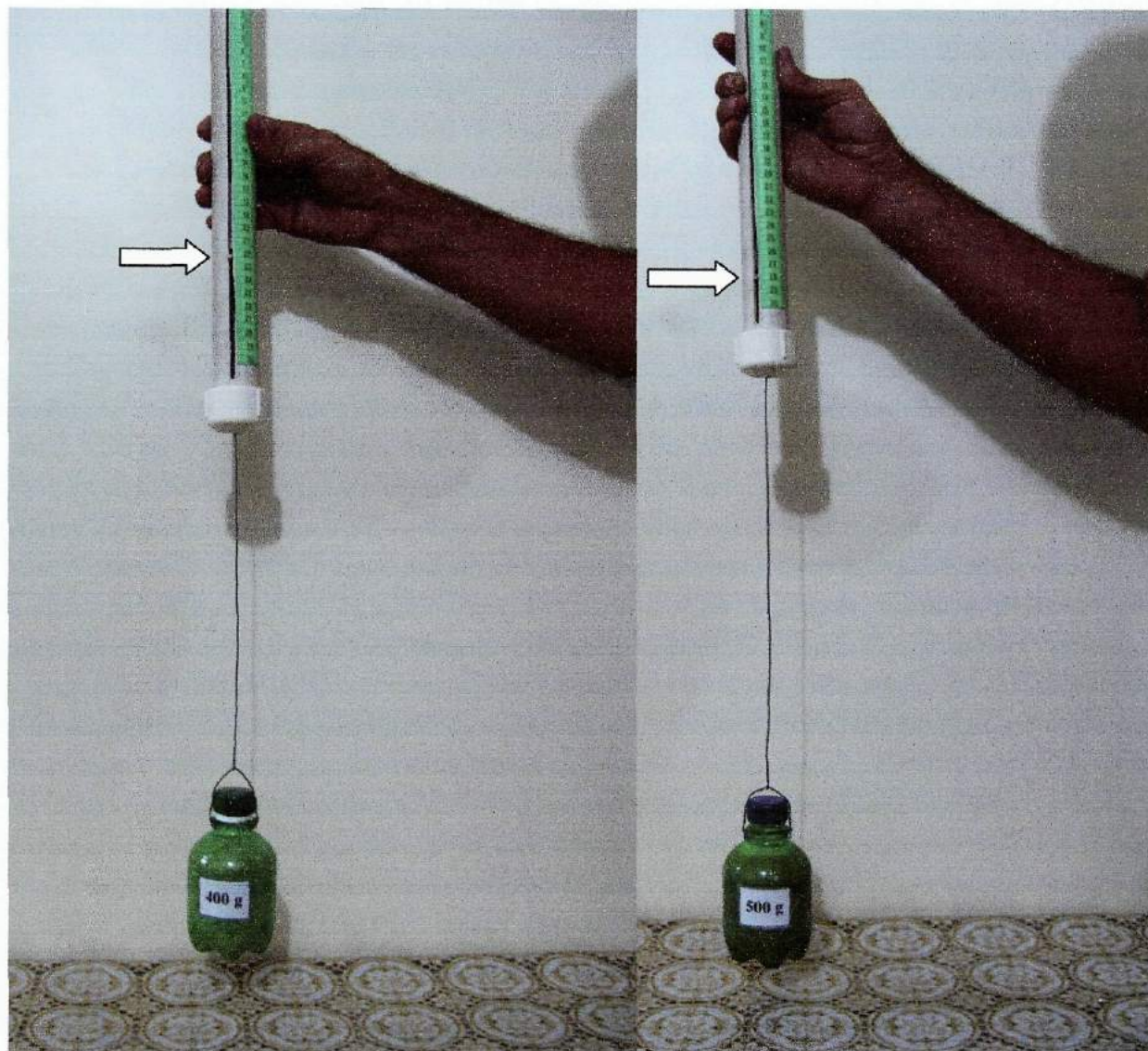


FIGURA 8 – Situação 2: pesagem dos corpos não mergulhados.

O aluno deve executar diversas leituras, visando obter um valor médio a ser considerado. Este cuidado com a precisão das determinações impede o aparecimento de discrepâncias que podem desmotivar ou tirar a atenção dos alunos.

Posteriormente, os frascos são totalmente mergulhados em um recipiente com água e pesados nesta situação.

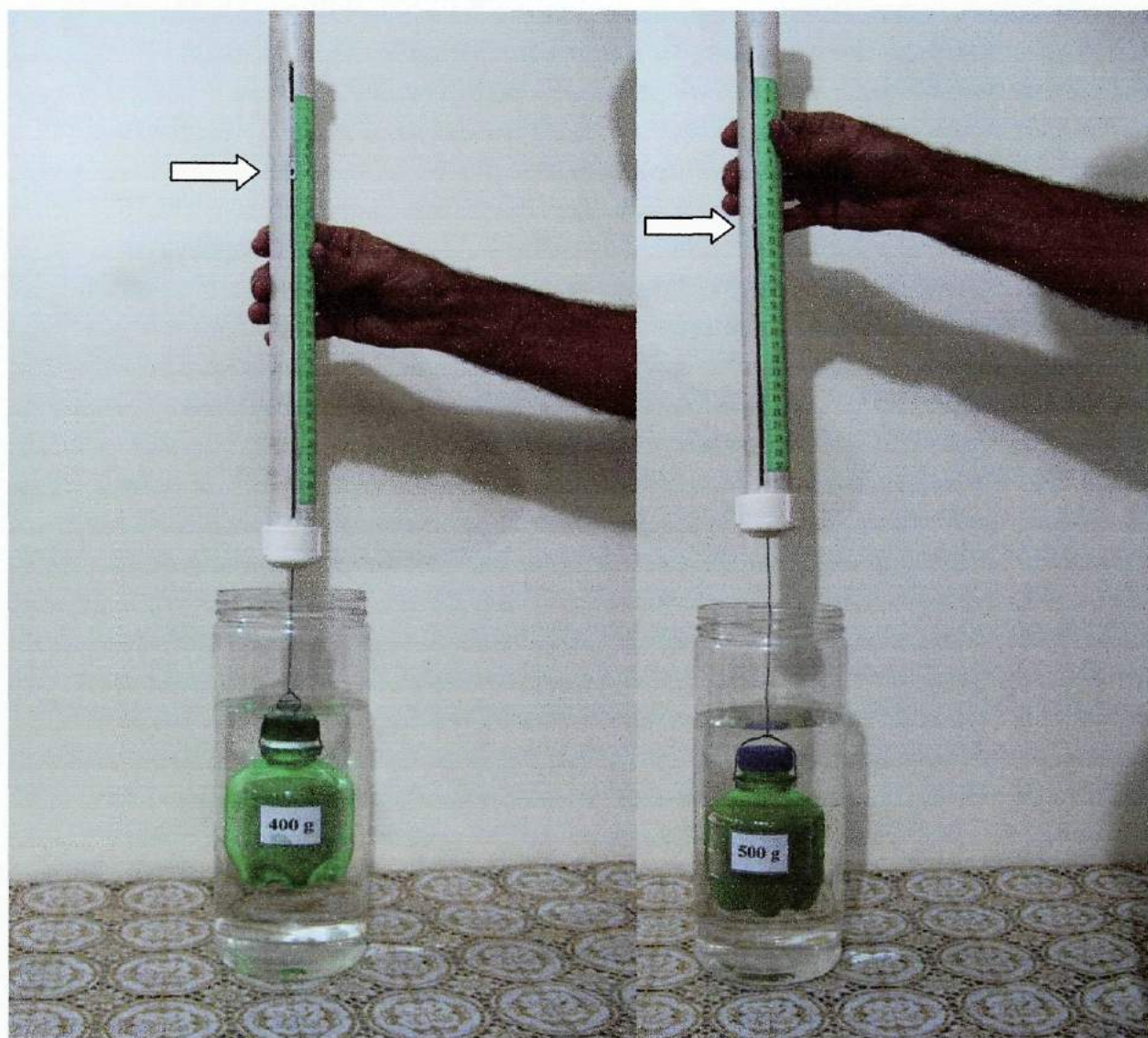


FIGURA 9 – Situação 2: pesagem dos corpos mergulhados.

É pedido que os estudantes respondam às questões do roteiro programado (p. 43 a 45). O aluno deve anotar os valores os valores das leituras no dinamômetro para os corpos mergulhados e não-mergulhados.

As forças calculadas em cada caso vão mostrar ao aluno que, apesar de terem pesos diferentes, a diferença entre o peso do corpo não-mergulhado e o peso do corpo mergulhado, ou seja, a diferença entre o peso do corpo e o seu peso aparente é a mesma para os dois recipientes utilizados.

### 3.3.3 Situação 3 (p. 46 – 47)

Um dos frascos utilizados anteriormente é escolhido, o qual será pesado enquanto mergulhado em uma solução de água e sal de cozinha. Caso o dinamômetro disponível não apresentar sensibilidade para a variação entre a densidade da água pura e a da salmoura, pode-se utilizar outro líquido mais denso, como, por exemplo, a glicerina.



FIGURA 10 – Materiais utilizados na situação 3.

Ao invés de modificar a massa ou o volume do corpo mergulhado, este item apresenta a variação da densidade do fluido. O aluno registra a diferença entre a leitura do dinamômetro para o corpo mergulhado e não mergulhado em casa um dos casos, observando a variação desta diferença em função da variação da densidade do fluido onde o corpo é mergulhado (fig.6 ou 8 e fig. 11).



FIGURA 11 – Situação 3: pesagem do corpo mergulhado na salmoura.

Neste experimento pode-se calcular a densidade da salmoura, ou de qualquer outro fluido utilizado, desde que o volume do corpo emerso for conhecido.



### 3.4 EXPERIMENTO III – O EMPUXO E O VOLUME DE LÍQUIDO DESLOCADO

Este experimento tem como objetivo demonstrar a relação entre o empuxo e o volume de líquido deslocado por um corpo imerso neste líquido. O estudante deve acompanhar o experimento com o roteiro programado fornecido, mostrado nas páginas 48 a 51, a seguir.

Deve ser utilizada uma balança de contrapeso, que pode ser construída ou adquirida no mercado.



FIGURA 12 – Materiais utilizados no experimento de empuxo e volume de líquido deslocado.

Um corpo é fixado em um dos lados de uma balança de contrapeso. Do outro lado utiliza-se areia para colocar a balança em equilíbrio.

A balança construída para este trabalho possui duas porcas que são utilizadas para se efetuar um ajuste fino no equilíbrio da mesma, através do conceito de alavanca, que também pode ser explorado pelo professor.



FIGURA 13 – Ajuste do equilíbrio da balança.

Posteriormente, um frasco com água é posicionado de forma que o corpo possa ser mergulhado no líquido.



FIGURA 14 – Posicionamento do frasco.

Após posicionar o frasco, o aluno deverá pender a balança de forma que o corpo seja totalmente mergulhado.

O frasco possui uma saída lateral, utilizada como vertedor (ladrão), de forma que o líquido deslocado pelo corpo ao ser mergulhado é coletado em um outro frasco menor.



FIGURA 15 – Recolhimento do volume de líquido deslocado.



FIGURA 16 – Observação do desequilíbrio provocado na balança devido ao empuxo sobre o corpo mergulhado.

Neste momento o aluno observa que a balança já não está equilibrada, devido ao empuxo que o líquido exerce sobre o corpo.

Posteriormente, o líquido deslocado é adicionado a um recipiente existente na balança do mesmo lado em que o corpo está fixado.



FIGURA 17 – Reposição do líquido deslocado na balança.

Ao adicionar o líquido, o aluno nota que a balança retorna à posição de equilíbrio.



FIGURA 18 – Balança retorna à posição de equilíbrio.

Desta forma, o aluno conclui que o empuxo sofrido por um corpo mergulhado é numericamente igual ao peso do líquido deslocado por ele ao ser mergulhado.

### 3.5 DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA DO DINAMÔMETRO

Uma atividade adicional que pode ser utilizada, dependendo do tempo disponível para o professor, é a verificação da constante elástica da mola utilizada na construção do dinamômetro. A escala foi construída em unidades de comprimento justamente para permitir que a constante  $K$  da mola fosse fornecida pelo professor ou obtida pelos alunos em outra atividade.

Para o dinamômetro construído, foram disponibilizadas massas padrões de 100, 200, 400 e 500 gramas. Estas massas foram construídas com garrafinhas de refrigerante, preenchidas com areia e/ou água até se obter os valores desejados e, posteriormente, vedadas.



FIGURA 19 – Massas utilizadas como padrão para determinação da constante elástica da mola do dinamômetro.

#### 4 PROPOSTA DE PLANEJAMENTO PARA HIDROSTÁTICA

A proposta de planejamento para Hidrostática, que aborda os objetivos gerais, e as habilidades e competências a serem desenvolvidas, considera os seguintes assuntos a serem abordados:

- ✓ Massa específica e densidade
- ✓ Força de empuxo: o princípio de Arquimedes.
- ✓ Pressão

O detalhamento do plano de unidade aborda os assuntos acima listados, citando os objetivos específicos a serem atingidos com o trabalho, os procedimentos de ensino, recursos de ensino e instrumentos de avaliação a serem utilizados.

Dentro do conteúdo de Hidrostática, o tema **Força de Empuxo** foi selecionado para um maior detalhamento. Para este tema, é apresentado um plano de aula detalhado. Os experimentos a serem utilizados neste tema foram criados pelo autor, assim como os respectivos roteiros programados, presentes no apêndice I deste trabalho.



Quadro 1 – Relação de assuntos, objetivos, habilidades /competências /atitudes

Assuntos	Objetivos Gerais	Habilidades/competências/atitudes
<p>1. Massa específica e densidade</p> <p>2. Força de empuxo: o princípio de Arquimedes.</p> <p>3. Pressão</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver uma visão qualitativa e comparativa da densidade dos sólidos e líquidos mais comuns;</li> <li>• Compreender o comportamento dos corpos mergulhados em um líquido a partir do princípio de Arquimedes.</li> <li>• Reconhecer os fenômenos relacionados com os conceitos de pressão e sua utilização em aplicações tecnológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicação;</li> <li>• Interação;</li> <li>• Pesquisa;</li> <li>• Aplicabilidade dos conhecimentos.</li> </ul>

Quadro 2 – Detalhamento do plano de unidade - Assunto I: Massa específica e Densidade

Conteúdos conceituais	Objetivos específicos	Procedimentos de ensino	Recursos de ensino	Instrumentos de avaliação
2.1 Conceitos: massa específica e densidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceituar massa específica e densidade.</li> <li>- Relacionar qualitativamente a variação da massa e do volume de diferentes corpos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudo dirigido</li> <li>- aula expositiva dialogada</li> <li>- experimentação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- projetor</li> <li>- livros didáticos</li> <li>- experimentos</li> <li>- roteiro programado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produção coletiva</li> <li>- produção individual (roteiro)</li> <li>- participação</li> </ul>

Quadro 3 – Detalhamento do plano de unidade - Assunto II: Força de empuxo: o princípio de Arquimedes

Conteúdos conceituais	Objetivos específicos	Procedimentos de ensino	Recursos de ensino	Instrumentos de avaliação
<p>3.1 Força de empuxo. Princípio de Arquimedes</p> <p>3.2 Flutuação dos corpos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceituar força de empuxo, peso aparente;</li> <li>- Identificar as variáveis que influenciam na força de empuxo.</li> <li>- Avaliar a posição relativa dos corpos mergulhados em um líquido utilizando os conceitos de densidade e empuxo estudados anteriormente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudo dirigido</li> <li>- aula expositiva dialogada</li> <li>- experimentação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- projetor</li> <li>- livros didáticos</li> <li>- experimentos</li> <li>- roteiro programado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produção coletiva</li> <li>- participação</li> <li>- produção individual (roteiro)</li> </ul>

Quadro 4 – Detalhamento do plano de unidade - Assunto III: Pressão

Conteúdos conceituais	Objetivos específicos	Procedimentos de ensino	Recursos de ensino	Instrumentos de avaliação
<p>3.1 Pressão; pressão no interior de um líquido; pressão hidrostática; pressão atmosférica</p> <p>3.2 Princípio de Pascal; aplicações tecnológicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceituar pressão e os diferentes tipos apresentados;</li> <li>- Conceituar o princípio de Pascal;</li> <li>- Apresentar aplicações tecnológicas do princípio de Pascal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudo dirigido</li> <li>- aula expositiva dialogada</li> <li>- experimentação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- projetor</li> <li>- livros didáticos</li> <li>- experimentos</li> <li>- roteiro programado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produção coletiva</li> <li>- produção individual (roteiro)</li> <li>- participação</li> </ul>

Quadro 5 – Plano de aula: Força de empuxo: o princípio de Arquimedes

**PLANO DE AULA**

Assunto: Força de empuxo: o princípio de Arquimedes.

Local: Laboratório de física

Aula 1 – Utilização de experimentos sobre Empuxo.

<b>Etapas</b>	<b>Tempo</b>	<b>Procedimentos de ensino</b>	<b>Recursos de ensino</b>
<b>Apresentação</b>	20'	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dividir a turma em grupos de 4 ou 5 alunos para cada kit ;</li> <li>✓ apresentar os experimentos a serem utilizados e os cuidados a serem observados durante a utilização;</li> <li>✓ fornecer um roteiro do kit de experimentos para cada grupo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Quadro</li> <li>✓ Kit de experimentos sobre empuxo: balança e dinamômetro</li> </ul>
<b>Desenvolvimento</b>	60'	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os grupos utilizarão os roteiros sem a participação direta do professor. Dar apoio somente quando solicitado.</li> <li>✓ Observar os grupos para identificar as dificuldades encontradas e a participação individual e integração dos membros do grupo.</li> <li>✓ Recolher o relatório dos grupos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Roteiro programado</li> </ul>
<b>Integração</b>	20'	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Solicitar a manifestação dos alunos para obter relatos das observações realizadas, conclusões .</li> <li>✓ Em seguida, efetuar uma breve apresentação sobre a força de empuxo, focando os objetivos propostos para o assunto.</li> </ul>	
<b>Avaliação</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A avaliação será realizada através da observação do professor no decorrer da utilização dos experimentos e dos roteiros do kit de experimentos devidamente preenchidos.</li> </ul>	

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como sugestão para trabalhos futuros acreditamos que se possa apoiar o planejamento do tema Hidrostática em experimentos e demonstrações acompanhados de roteiros programados, incluindo o desenvolvimento dos planos de aula para atender a todo o conteúdo do tema.

A escolha dos experimentos deve tomar por base os conceitos de construção do conhecimento físico no qual a capacidade de observação e a habilidade para realizar medições e estabelecer comparações têm papel preponderante.

A confecção do roteiro orientado deve obedecer aos critérios já citados neste trabalho, de forma a possibilitar que se atinja os objetivos traçados no planejamento.

A consulta ao material disponível no site do LADIF/UFRJ intitulado **Demonstrações sobre conceitos de física térmica** (Pereira & Barros, 2004) foi de grande valia para a execução deste trabalho. Os roteiros existentes, utilizados em conjunto com um vídeo com demonstrações sobre experimentos de física térmica, apresentam uma estrutura que permite uma interação do aluno com o vídeo como se ele estivesse presenciando o experimento. Esta estrutura foi utilizada como base para a construção do roteiro sobre força de empuxo, presente no apêndice I deste trabalho.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- EL-HANI, C. N. ; BIZZO, N. . **Formas de Construtivismo: Construtivismo Contextual e Mudança Conceitual**. Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte-MG, v. 4, n. 1, p. 1-25, 2002
- GASPAR, ALBERTO. **Física: Mecânica**. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2000.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física I: Mecânica GREF**. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.
- GUIMARÃES, L.A.G; FONTE BOA, M.C. **Física: Mecânica**. 1ª ed. Niterói: Futura, 2001.
- MOREIRA, M.A.; MASINI; Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2002.
- PEREIRA, M.V.; BARROS, S.S. **Demonstrações sobre conceitos de física térmica**. Rio de Janeiro: CEDERJ / UFRJ, 2004. Disponível em:  
[http://omnis.if.ufrj.br/~ladif/tea/Caderno\\_CD\\_Aluno\\_V\\_deo\\_Calor.pdf](http://omnis.if.ufrj.br/~ladif/tea/Caderno_CD_Aluno_V_deo_Calor.pdf) Acesso em 10 de setembro de 2007.
- PIAGET, JEAN. **A construção do real na criança**. 3 ed. São Paulo: Ática, 2003
- QUIRINO, W. G.; LAVARDA, F. C. **Experimentos de Física para o ensino médio com materiais do dia-a-dia**. Cad. Cat. Ens. Fis.,**18** (1): 108-116. Florianópolis: UFSC, 2001
- SEE – SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO. **Reorientação Curricular: Livro II: ciências da natureza e matemática: Física no ensino médio**. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2006.
- TORRES, C.M.A. et al. **Física: ciência e tecnologia: volume único**. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2001.
- UNESCO. **700 science experiments for everyone**. 2ª ed. New York: Doubleday, 1962.

## **7      APENDICES**

### **APÊNDICE 1 - ROTEIRO PARA UTILIZAÇÃO COM EXPERIMENTOS SOBRE EMPUXO**

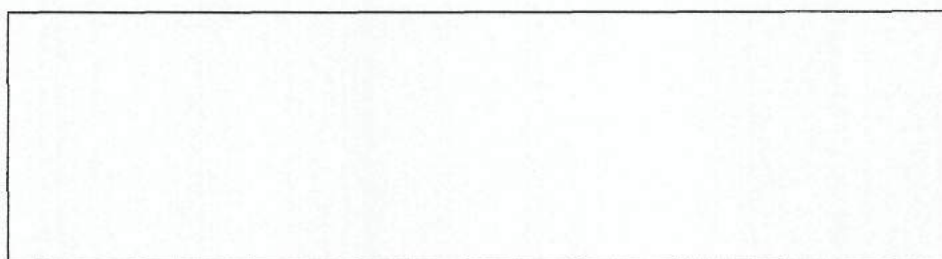
## APÊNDICE 1 - ROTEIRO PARA UTILIZAÇÃO COM EXPERIMENTOS SOBRE EMPUXO

### EXPERIMENTO 1 - OBSERVAÇÃO QUALITATIVA DA RELAÇÃO ENTRE O FLUIDO E EMPUXO

**Objetivo:** Verificar as propriedades de um fluido que influenciam no empuxo exercido sobre um corpo mergulhado neste fluido.

**Descrição:** Utilizando-se dois recipientes inicialmente com água pura, colocar um ovo cru dentro de cada recipiente. Misturar sal de cozinha na água de um dos recipientes, observando a variação da posição do ovo.

#### *Diagrama do Experimento*



#### *Registro da Observação*

Posição do ovo mergulhado na água pura \_\_\_\_\_

Posição do ovo após adicionarmos sal na água \_\_\_\_\_

#### *Perguntas*

- 1) O que acontece com a água quando adicionamos sal?
- 2) Como você explica a mudança da posição do ovo?



## EXPERIMENTO II - VARIÁVEIS QUE DETERMINAM O EMPUXO

**Objetivo:** Identificar as variáveis que determinam o empuxo exercido por um fluido sobre um corpo mergulhado neste fluido.

**Descrição:** São utilizados 2 frascos de mesmo volume e um terceiro frasco de volume diferente dos dois primeiros em diferentes situações.

### SITUAÇÃO 1

Dois frascos de volumes diferentes devem ser preenchidos com areia até que fiquem com o mesmo peso. O dinamômetro fornecido deve ser utilizado para tal. Observar que a quantidade de areia a ser colocada nos frascos deve ser suficiente para que eles afundem completamente quando colocado num recipiente com água. Posteriormente, os frascos devem ser pesados enquanto totalmente mergulhados.

#### *Registro da Observação*

Compare os volumes dos frascos:   $V_A = V_B$       $V_A < V_B$       $V_A > V_B$

Leitura no dinamômetro (valor médio para ____ medidas efetuadas)			
Não-mergulhado		Mergulhado	
Frasco A		Frasco A	
Frasco B		Frasco B	

#### *Perguntas*

- 1) Na **situação 1**, o que aconteceu com a leitura do dinamômetro para os frascos após serem mergulhados em relação à leitura obtida com os frascos fora d'água?

Frasco A     aumentou     diminuiu     permaneceu inalterada  
Frasco B     aumentou     diminuiu     permaneceu inalterada

- 2) Para cada frasco, calcule a diferença entre a leitura do dinamômetro com o frasco não-mergulhado e a leitura com o frasco mergulhado.

Frasco A: diferença de leitura no dinamômetro \_\_\_\_\_  
Frasco B: diferença de leitura no dinamômetro \_\_\_\_\_

- 3) Faça um diagrama de corpo livre de cada um dos frascos antes e depois de mergulhados. Indique as forças observadas e seus respectivos valores. Considere o valor da constante elástica da mola igual a \_\_\_\_\_ N/mm.

Corpo	Não-mergulhado	Mergulhado
<b>A</b>		
<b>B</b>		

Anote no espaço abaixo o cálculo das forças indicadas.

## SITUAÇÃO 2

Dois frascos de volumes iguais devem ser preenchidos com areia de forma que se obtenha pesos diferentes. O dinamômetro fornecido deve ser utilizado para tal. Observar que a quantidade de areia a ser colocada nos frascos deve ser suficiente para que eles afundem completamente quando colocado num recipiente com água. Posteriormente, os frascos devem ser pesados enquanto totalmente mergulhados.

### *Registro da Observação*

Compare os volumes dos frascos:   $V_C = V_D$       $V_C < V_D$       $V_C > V_D$

Leitura no dinamômetro (valor médio para ____ medidas efetuadas)			
Não-mergulhado		Mergulhado	
Frasco A		Frasco A	
Frasco B		Frasco B	

### *Perguntas*

- 4) Na **situação 2**, o que aconteceu com a leitura do dinamômetro para os frascos mergulhados em relação à leitura obtida com os frascos fora d'água?

Frasco C     aumentou     diminuiu     permaneceu inalterada  
Frasco D     aumentou     diminuiu     permaneceu inalterada

- 5) Para cada frasco, calcule a diferença entre a leitura do dinamômetro com o frasco não-mergulhado e a leitura com o frasco mergulhado.

Frasco A: diferença de leitura no dinamômetro \_\_\_\_\_  
Frasco B: diferença de leitura no dinamômetro \_\_\_\_\_

- 6) Faça um diagrama de corpo livre de cada um dos frascos antes e depois de mergulhados. Indique as forças observadas e seus respectivos valores. Considere o mesmo valor da constante elástica da mola utilizada anteriormente.

Corpo	Não-mergulhado	Mergulhado
<b>C</b>		
<b>D</b>		

Anote no espaço abaixo o cálculo das forças indicadas.

*Perguntas referentes às situações 1 e 2*

- 7) Para cada corpo mergulhado, a força calculada com o valor indicado no dinamômetro é comumente chamada de peso aparente. Observando suas anotações anteriores, como você poderia relacionar matematicamente o empuxo e o peso aparente?
- 8) Na **situação 1** temos diferentes volumes para os frascos mergulhados e na **situação 2** temos diferentes pesos. O que você pode afirmar da variação do empuxo em relação a estas grandezas?

### **SITUAÇÃO 3**

Um dos frascos utilizado anteriormente deve ser escolhido e pesado enquanto mergulhado em uma solução de água e sal. Para obter um melhor resultado neste experimento adicional quantidade de sal na água suficiente para que ela fique quase saturada do mesmo.

#### ***Registro da Observação***

<b>Leitura no dinamômetro (valor médio para ____ medidas efetuadas)</b>	
<b>Frasco escolhido</b>	<b>Mergulhado em solução de água e sal</b>

#### ***Perguntas***

- 9) Na **situação 3**, o que aconteceu com a leitura do dinamômetro para o frasco mergulhado?  
 aumentou     diminuiu     permaneceu inalterada
- 10) Faça um diagrama de corpo livre do frasco mergulhado na água e outro para mergulhado na salmoura. Indique as forças observadas e seus respectivos valores. Considere o mesmo valor da constante elástica da mola utilizada anteriormente.

<b>Corpo escolhido</b>	<b>Mergulhado na água</b>	<b>Mergulhado na salmoura</b>
		

Anote no espaço abaixo o cálculo das forças indicadas.

- 11) Indique novamente a diferença entre a leitura do dinamômetro do frasco não-mergulhado e a leitura com o frasco mergulhado na água (retire o valor do item referente ao frasco escolhido). Calcule a diferença entre a leitura do dinamômetro do frasco não-mergulhado e a leitura com o frasco mergulhado na salmoura.

Diferença entre a leitura no dinamômetro do frasco não-mergulhado e mergulhado na água \_\_\_\_\_

Diferença entre a leitura no dinamômetro do frasco não-mergulhado e mergulhado na salmoura \_\_\_\_\_

- 12) Na situação acima a densidade da água foi alterada (aumentada) quando adicionamos sal. O que você pode afirmar da variação do empuxo que sofre um corpo quando mergulhado em um líquido em relação à densidade deste líquido?

### EXPERIMENTO III - O EMPUXO E O VOLUME DE LÍQUIDO DESLOCADO

**Objetivo:** Demonstrar a relação entre o empuxo e o volume de líquido deslocado por um corpo totalmente mergulhado neste líquido.

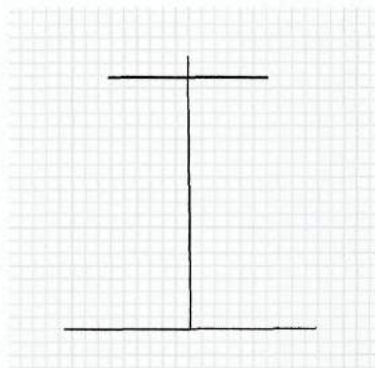
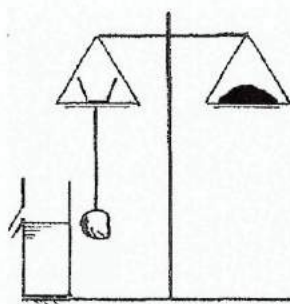
**Descrição:** Utilizando-se uma balança de contrapeso, um corpo é colocado em equilíbrio com pesos padrões ou areia.

#### SITUAÇÃO 1

Colocar a balança em equilíbrio.

#### *Perguntas*

- 1) Quais são as forças que estão atuando em cada lado da balança? Represente os vetores na figura da direita. Relacione algebricamente o módulo das forças representadas.



Dica: Represente as forças utilizando as abreviaturas abaixo. Os pesos dos cabos e pratos devem ser desprezados, assim como o peso do copinho que está no prato da esquerda e, portanto, não devem ser representados.

- Pa** Peso da areia
- Pc** Peso do corpo

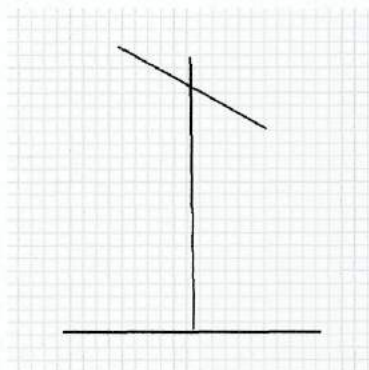
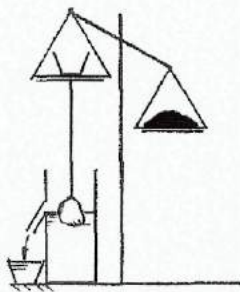


## SITUAÇÃO 2

Um recipiente líquido completamente cheio d'água deve ser colocado abaixo do corpo. Pender a balança manualmente de forma que o corpo fique totalmente mergulhado. Uma certa quantidade de água é derramada quando o corpo é mergulhado no recipiente. Esta água deve ser recolhida em um outro recipiente. Soltar a balança para que ela adquira o ponto de equilíbrio.

### *Perguntas*

- 2) Nesta situação condição de equilíbrio foi alterada. O que causou esta alteração?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 3) O que você diria em relação ao volume de água recolhida no copinho?  
  
( ) É maior que o volume do corpo mergulhado  
( ) É igual que o volume do corpo mergulhado  
( ) É menor que o volume do corpo mergulhado
  
  
- 4) Quais são as forças que estão atuando em cada lado da balança? Represente os vetores na figura da direita. Relacione algebricamente as forças representadas.



Dica: Represente as forças utilizando as abreviaturas abaixo. Os pesos dos cabos e pratos devem ser desprezados, assim como o peso do copinho que está no prato da esquerda e, portanto, não devem ser representados.

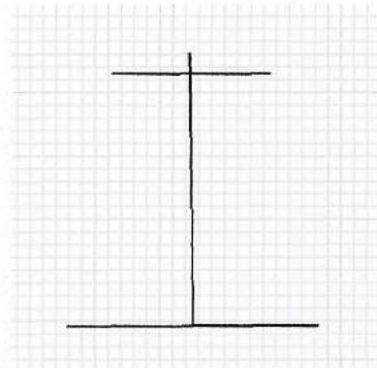
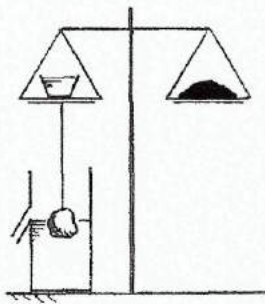
- Pa** Peso da areia  
**Pap** Peso aparente do corpo

### SITUAÇÃO 3

Colocar a água recolhida na situação anterior na balança de pratos, no prato que está do lado do corpo.

#### *Perguntas*

- 5) Na **situação 3**, a condição de equilíbrio foi novamente alterada. O que causou esta alteração?
- 6) Quais são as forças que estão atuando em cada lado da balança? Represente os vetores na figura da direita. Relacione algebricamente as forças representadas.



Dica: Represente as forças utilizando as abreviaturas abaixo. Os pesos dos cabos e pratos devem ser desprezados, assim como o peso do copinho que está no prato da esquerda e, portanto, não devem ser representados.

- Pa** Peso da areia  
**Pap** Peso aparente do corpo  
**Plid** Peso do líquido deslocado

- 7) A relação entre as forças encontradas no item anterior, quando comparada com a relação obtida no item 1, nos leva a que conclusão? Pode ser que você já tenha observado tal conclusão mesmo sem as relações algébricas. Elas servem para consolidar a sua observação.

Dica: lembre-se da relação entre o empuxo e o peso aparente:  $P_{ap} = P_c - E$

Turma \_\_\_\_\_

Componentes do grupo:

1 -

2 -

3 -

4 -

5 -