

Manual didático para o desenvolvimento de atividades para o ensino de física no ensino médio
utilizando-se de um protótipo de submarino.

CELSO GONÇALVES DE QUADROS

PONTA GROSSA

2010

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.56/10

Q1 Quadros, Celso Gonçalves de

Manual didático para o desenvolvimento de atividades para o ensino de física no ensino médio utilizando-se de um protótipo de submarino / Celso Gonçalves de Quadros. -- Ponta Grossa: [s.n.], 2010.

44 f. : il. ; 30 cm.

Acompanha Dissertação: Toda física por água abaixo: a construção e utilização de um protótipo de submarino para o ensino de física.

1. Física - Ensino. I. Francisco, Antonio Carlos de (Orient.). II. Silva, Sani de Carvalho Rutz da (Co-orient.). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. III. Título.

CDD 507

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho da vista lateral do protótipo	60
Figura 2 - Desenho da vista lateral do protótipo com dimensões	60
Figura 3 - Vista lateral do protótipo flutuando na superfície da água	60
Figura 4 - Vista superior do protótipo flutuando na superfície da água	61
Figura 5 - Medição do peso do protótipo utilizando-se um dinamômetro com 10 N de capacidade	61
Figura 6 - Tanque pequeno contendo água com corante azul num determinado nível	62
Figura 7 - Tanque pequeno com o protótipo flutuando na superfície da água, com pouco mais da metade do casco abaixo da superfície	62
Figura 8 - Tanque pequeno com o protótipo flutuando na superfície, somente com pequena parte do casco fora da água	62
Figura 9 - Tanque pequeno com o protótipo flutuando ainda na superfície, com pequena parte do casco fora da água e medição do deslocamento do nível da água.....	63
Figura 10 - Tanque grande com duas roldanas e o protótipo flutuando na superfície	63
Figura 11 - Tanque grande com duas roldanas e o protótipo flutuando na superfície	63
Figura 12 - Tanque grande com duas roldanas instaladas, mostrando um fio que passa pelas mesmas e puxa o protótipo, tendo um grampo afixado na outra extremidade.....	64
Figura 13 - Protótipo - vista em perspectiva	64
Figura 14 - Proposta de utilização de uma garrafa PET pequena para substituir o protótipo, contendo areia e água.....	65
Figura 15 - Proposta de utilização de uma garrafa PET para substituir o protótipo.....	66
Figura 16 - Tanque grande com o protótipo PET flutuando na superfície da água.....	66
Figura 17 - Tanque grande com o detalhe do protótipo PET flutuando na superfície	66
Figura 18 - Tanque grande com as roldanas instaladas e o protótipo PET flutuando na superfície.....	67
Figura 19 - Tanque pequeno com água num determinado nível	67
Figura 20 - Tanque pequeno com o protótipo PET flutuando na superfície da água	67
Figura 21 - Medição do deslocamento do nível de água com o protótipo PET flutuando na superfície.....	68
Figura 22 - Detalhe da medição do deslocamento do nível de água com o protótipo PET flutuando na superfície da água.....	68

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3 ESTRUTURA DAS ATIVIDADES.....	7
4 RECOMENDAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS	8
4.1.1 Cinemática	9
4.1.2 Estática.....	9
4.1.3 Dinâmica.....	10
4.1.4 Hidrostática.....	11
5 SUGESTÕES DE UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS	12
5.1 NA PRIMEIRA SÉRIE.....	12
5.1.1 Unidades de Medida	12
5.1.2 Movimento.....	13
5.1.2.1 MRU (Movimento Retilíneo Uniforme)	13
5.1.2.2 MCU (Movimento Circular Uniforme).....	14
5.1.2.3 MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado).....	14
5.1.3 Força Resultante.....	15
5.1.4 Dinâmica.....	17
5.1.5 Atrito.....	17
5.1.6 Trabalho	18
5.1.7 Potência.....	19
5.2 NA SEGUNDA SÉRIE	19
5.2.1 Densidade.....	19
5.2.2 Pressão Hidrostática.....	21
5.2.3 Empuxo	22
5.3 NA TERCEIRA SÉRIE.....	23
5.3.1 Revisão sobre Força Resultante	23
5.3.2 Gerador Elétrico.....	24
5.3.3 Receptor Elétrico	24
REFERÊNCIAS	58

1 APRESENTAÇÃO

As atividades aqui sugeridas foram produzidas de forma que, ao serem apresentadas aos alunos na sequência proposta, pudessem ser integradoras dos conceitos. Procurou-se, além da aplicação das teorias que deram embasamento ao trabalho, tentar também reduzir os problemas detectados com pesquisa, que foram os conceitos básicos da mecânica abrangendo a ação do peso dos corpos e de outras forças, do equilíbrio e do movimento, o rendimento de máquinas, além, principalmente, da representação das forças. Desta forma, a apresentação das atividades na sequência proposta tem por objetivos específicos:

- Oferecer aos alunos oportunidades para que eles consigam integrar alguns conceitos importantes de Física, ao trabalharem mais de uma vez os mesmos conceitos em situações diferentes em tópicos relacionados.
- Proporcionar, em cada uma das atividades, a formação dos subsunçores adequados para as atividades subsequentes.
- Promover uma conscientização aos professores de Física, ou de outras áreas, para que atentem para os processos cognitivos que ocorrem na formação dos conceitos pelos alunos, para que se possam atingir os objetivos de aprendizagem de forma mais sólida.

Utilizando-se das práticas da maneira proposta, que procuram contemplar gradativamente os conceitos em função das dificuldades apresentadas pelos alunos na pesquisa, propõe-se a redução de tais dificuldades de maneira implícita em cada atividade e também no conjunto, na apresentação sequencial dos tópicos numa relação de interdependência. Vale mencionar uma ideia sobre os conceitos, citada por Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 73):

Vivemos, antes de tudo, num mundo de conceitos, e não num mundo de objetos, eventos e situações. A realidade que vivenciamos psicologicamente está relacionada somente indiretamente às propriedades físicas de nosso meio e aos nossos correlatos sensoriais.

O desenvolvimento da consciência de que o aluno aprenderá efetivamente somente se o novo conhecimento a ser aprendido estiver ancorado em conceitos anteriores já elaborados por ele, auxiliará o professor no desenvolvimento das atividades, pois enfatizará os conceitos prévios importantes antes de se trabalhar os novos conceitos. Assim, os novos conceitos proverão os anteriores de mais informações e especificidades. Ainda, embasando-se o novo conhecimento em situações embutidas nas atividades ora propostas e na relação que existe entre as situações tratadas em tais atividades, estas darão maior suporte ao aluno para o desenvolvimento do raciocínio adequado para a formação dos conceitos físicos envolvidos nos tópicos da disciplina, que se tornarão novos subsunçores. Ampliar o conceito inicial do aluno, oferecendo condições que este processo aconteça, é um dos propósitos das atividades sugeridas, pois, segundo Moreira (2000, p. 3):

em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos. David Ausubel já nos chamava atenção para isso em 1963. Hoje, todos reconhecemos que nossa mente é conservadora, e que aprendemos a partir do que temos em nossa estrutura cognitiva.

Com relação especificamente à tarefa de promover caminhos para o aprendizado, que cabe aos professores de Física, a presente proposta de atividades tem a função de lembrá-los de aspectos importantes quanto às formas de se propor os novos conceitos físicos aos alunos, considerando também para estes a forma de recepção das novas informações. Os procedimentos importantes a serem desenvolvidos nas atividades para que a aprendizagem se torne significativa, segundo Ausubel, citado por Moreira (1999, p. 162), são:

- 1 - A identificação da estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, os conceitos a serem aprendidos, identificando os que sejam mais inclusivos.
- 2 – Identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado.
- 3 – Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.
- 4 – Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

Deste modo, profissionais envolvidos com o ensino de Física poderão efetivar da maneira mais adequada possível a tarefa de ensinar aos alunos do ensino médio ou outro público, em outro nível de ensino. As diferenças nos procedimentos didáticos deverão ser sempre levadas em conta, adequando-se para diferentes níveis a função de demonstração e de desenvolvimento de habilidades específicas. Isto tudo que foi falado pode parecer repetitivo em alguns aspectos, e lógico em outros, porém, o próprio trabalho pode ser interpretado como mais um reforço para que, aos que já são professores de física, e aos que estão aprendendo esta tarefa, percebam a importância dos aspectos aqui abordados, relativos aos processos cognitivos, considerando-se o modo sequencial mais eficiente em que se processa a aprendizagem nos alunos quando estes têm os subsunçores e os modelos mentais adequadamente formados para o novo aprendizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O suporte teórico utilizado para o presente trabalho é dado pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, e da teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud.

Na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel o foco está voltado para o fato dos novos conhecimentos se apoiarem em ideias gerais e importantes de domínio do aluno, que são os conceitos denominados subsunçores. Segundo Moreira (1999, p. 153):

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor* ou simplesmente *subsunçor*. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos e proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, apesar de não ser uma teoria especificamente de ensino, mas sim uma teoria psicológica, seu foco está voltado para a formação efetiva dos conceitos na estrutura cognitiva dos alunos. A teoria de Vergnaud representa segundo Moreira (2004, p. 3):

Uma nova proposta para embasar trabalhos dentro do ensino da disciplina de Física, apesar de já ser muito aplicada em pesquisas sobre ensino de matemática. Enquanto a primeira (de Ausubel) se volta para o sistema cognitivo dos alunos, tendo como principal argumento o fato de se levar em consideração principalmente o que o aluno já sabe antes de aprender um novo conceito, esta se volta principalmente para o modo que os conceitos são formados.

Nas duas teorias, portanto, há uma valorização do sistema cognitivo, porém, com abordagens diferentes, o que torna tais teorias complementares.

As atividades práticas aqui propostas levam em conta os aspectos abordados nas citadas teorias, sendo que o trabalho dentro da sequência proposta deve ser uma forma mais sólida para embasar os conceitos físicos envolvidos, podendo-se, com a mesma sequência metodológica evoluir para outros conceitos da disciplina, ou de outras disciplinas.

As atividades foram assim produzidas para o ensino médio, procurando-se desenvolver em cada uma das atividades, tópicos importantes trabalhados em alguma atividade anterior, utilizando-se de um mesmo objeto que é o protótipo, objetivando que o aluno tenha o domínio de um campo conceitual, cujo estudo proposto por Vergnaud foi, segundo Moreira (2004, p. 10) desenvolvido devido a três fatores:

1) um conceito não se forma de um só tipo de situação; 2) uma situação não se analisa com um só conceito; 3) a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego que se estende ao longo de anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes.

De forma geral foram propostas atividades envolvendo os conceitos básicos de mecânica trabalhados na primeira série, procurando-se fundamentar de maneira mais eficiente tais conceitos, proporcionando melhores condições para que o aluno possa efetivar o aprendizado de outros conceitos deles dependentes nas séries subsequentes.

3 ESTRUTURA DAS ATIVIDADES

Todas as atividades propostas estão destinadas ao ensino médio, sendo predominantemente demonstrativas, porém, promovendo-se em cada uma delas a retirada de dados numéricos dos fenômenos estudados, possibilitando-se fazer sempre alguma avaliação quantitativa dos dados, para que tais atividades possam dar maior suporte aos conceitos teóricos trabalhados na Física neste nível de ensino.

O tempo de duração de cada atividade varia, na prática, entre menos de uma aula até duas aulas de 50 minutos, as quais deverão ser intercaladas no desenvolvimento sequencial da disciplina, podendo ser adaptadas para o currículo de qualquer escola. Ainda, tais abordagens poderão ser ampliadas posteriormente com outros exercícios de fixação normalmente trabalhados na disciplina. No final de cada atividade há uma proposta de questionário ou uma conclusão para o tópico trabalhado na atividade, visando à ênfase a ser dada em cada tópico, em função das necessidades conceituais já mencionadas constatadas com a pesquisa. As atividades poderão ser executadas para uma classe de até 40 alunos com a utilização dos materiais e da forma proposta, para que os alunos possam atingir os objetivos de aprendizagem propostos, pois segundo Ausubel, Novak e Hanesian apud Moreira (2000, p. 4), há uma ordem de acontecimentos cognitivos quando a aprendizagem significativa se processa, as quais são:

- A diferenciação progressiva: As ideias mais gerais devem ser apresentadas desde o início da instrução e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidades.
- A reconciliação integradora: Explora as relações entre conceitos e proposições, e chama a atenção para as diferenças e semelhanças, reconciliando inconsistências reais e aparentes.
- A organização sequencial: Consiste em sequenciar tópicos ou unidades de estudo, de maneiras tão coerentes quanto possível, observados os dois princípios anteriores.
- A consolidação: Leva a insistir no domínio do que está sendo estudado antes de introduzirem-se novos conhecimentos. É decorrência natural da premissa de que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem significativa.

As atividades propostas visam, além do que foi mencionado, também incentivar o aluno e facilitar-lhe a visualização dos fenômenos, promovendo a formação de modelos mentais adequados para o aprendizado dos conceitos a serem estudados. Assim, em cada uma das atividades, por utilizar-se sempre do mesmo material que é o protótipo com os

acessórios, aplicando conceitos anteriores já vistos por repetidas vezes em situações diferentes, e incrementando-se conceitos novos a cada nova situação, tais procedimentos auxiliarão o aluno, facilitando-lhe o seu processo de aprendizagem, além de aumentar o aproveitamento do uso do tempo em sala de aula.

Quanto à construção do protótipo, foi necessário o conhecimento de matemática e caldeiraria para a marcação e o corte das chapas de zinco, cobre e latão, além da soldagem com solda para calha, composta por uma liga de estanho e chumbo. A Física envolvida forneceu as bases funcionais do mesmo, porém, este trabalho, por estar pautado principalmente na forma sequencial de utilização e não na construção, procurou contemplar os conceitos físicos principais referentes ao protótipo, básicos para o seu funcionamento. A matemática utilizada foi aquela, necessária à interpretação das leis e conceitos físicos aplicados num submarino quanto à sua estabilidade para o estado de repouso e de movimento, e não a matemática utilizada no corte das chapas para sua construção.

Com o objetivo de facilitar a realização das atividades também se sugere a utilização de uma garrafa pet pequena, para funcionar substituindo o protótipo nas atividades onde não haja a necessidade de um motor de propulsão, proporcionando-se a realização de tais atividades. Nas atividades que exijam o motor de propulsão, o mesmo poderá ser montado numa estrutura semelhante a um barco, fazendo-se a atividade com o mesmo flutuando na superfície.

4 RECOMENDAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

Para tentar minimizar o efeito dos problemas que foram detectados, norteados-se pelas respostas dos alunos das três séries ao primeiro questionário, a seguir é apresentado um resumo dos conceitos básicos importantes a serem enfatizados dentro da mecânica e hidrostática, com o propósito de proporcionar aos alunos uma compreensão melhor, facilitando-lhes a formação dos conceitos mais complexos, dentro da própria mecânica ou não, que necessitem de um bom embasamento para aumentar a eficiência da aprendizagem. As abordagens aqui sugeridas devem ser trabalhadas ao longo da aplicação do método proposto na primeira série, procurando-se equacionar os problemas encontrados nesta e nas outras séries com a pesquisa.

4.1.1 Cinemática

A interpretação da unidade de aceleração como variação de velocidade, ou seja, m/s^2 ou $(\text{km/h})/\text{s}$ (quilômetro por hora a cada segundo) como unidade derivada, a variação velocidade no decorrer do tempo, sendo, portanto, m/s a cada segundo o que deve ficar bem claro para o aluno, não somente por pertencer ao sistema internacional – SI, mas pelo conceito de espaço percorrido num determinado tempo. Isto é difícil de ser integralmente interpretado por alguns alunos, os quais tendem a guardar somente a equação da aceleração sem a entenderem muito bem. É preciso, portanto, considerar este aspecto.

A aceleração gravitacional como agente causador de variação de velocidade num corpo é um conceito que depende da interpretação anterior correta. Os efeitos da aceleração gravitacional num corpo, principalmente, devem ser enfatizados, pois quando um corpo está em repouso (sem movimento vertical) há somente a força peso, que é resultante da ação gravitacional. O conceito de aceleração gravitacional poderá ser melhorado ainda em duas outras oportunidades: a primeira quando, ao se trabalhar a segunda lei do Newton, utilizar a equação do peso, inserindo razão da força por unidade de massa, isto é, N/kg , considerando-a como campo gravitacional; a segunda, ao se trabalhar o conceito de campo elétrico na 3ª série, na qual poderá ser feita analogia como uma ampliação do conceito de campo, tratando a aceleração gravitacional como tal, incluindo-se novamente a unidade N/kg . Isto fará um vínculo eficaz para a melhoria da interpretação da força peso e do campo elétrico, no qual se utiliza N/C (Newton por Coulomb) como unidade do sistema internacional.

4.1.2 Estática

Ênfase para a interpretação do peso dos corpos como força, porque é um conceito que muitos alunos confundem com massa. Isto pode estar ligado à linguagem comum, onde as pessoas interpretam a massa como peso, sendo que nestas situações a diferença não é significativa. A dependência da aceleração gravitacional para a existência do peso é outro conceito também importante, assim como a unidade kgf (quilograma-força), de força, a qual deve ser apresentada e diferenciada da unidade de massa kg (quilograma).

Tratando-se de um corpo, é importante salientar a diferença entre força natural *de um* corpo, que é o peso, com a força aplicada *num* corpo (considerar vertical neste momento

uma reação para cima) para formar um sistema simples em equilíbrio. Por ser uma grandeza vetorial dependente da aceleração gravitacional, o peso de um corpo deve ser tratado como uma força vertical para baixo que ele é, para evitar a confusão. Assim, na representação vetorial desta força, deve-se procurar representá-la na parte inferior do corpo. Este tópico poderá ser ampliado para a representação de outras forças, atuando em corpos diferentes e também em outras direções.

Quando se trabalhar a primeira e a terceira leis de Newton, portanto, a representação de forças deverá ser evidenciada, para tentar resolver este problema, da representação correta de uma força. É recomendável que ao menos este sistema seja desenhado pelo aluno, de alguma maneira, no papel ou num outro meio eletrônico, e para isto, iniciando com a representação mais simples, do peso do corpo em repouso, que necessitará de uma força vertical (reação do peso), formando um sistema com apenas duas forças atuantes (a força peso do corpo e sua reação). É importante vincular ao repouso o conceito de forças iguais e contrárias, determinando uma força resultante igual a zero para um corpo sustentado desta maneira. Isto possibilitará ao aluno criar um vínculo esquemático que facilitará a ele passar depois para sistemas mais complexos, com mais de duas forças verticais e também em sistemas com forças atuando em outras direções.

Outra idéia importante a ser incluída neste momento é que, para corpos que flutuam na água ou no ar, a força resultante é também igual a zero, cuja situação deverá ser representada pelo aluno também.

4.1.3 Dinâmica

Um domínio fundamental em dinâmica, além da interpretação correta da segunda lei de Newton, é a necessidade de que o aluno já tenha assimilado que, quando um corpo tem movimento uniforme, a força resultante atuante no mesmo é zero. Este é um dos conceitos, pelo que foi constatado com a pesquisa, de difícil interpretação, porque antes de um corpo entrar em movimento uniforme, seu movimento é acelerado. Muitos alunos tendem a considerar a força maior no sentido do movimento uniforme, que vem a ser um erro conceitual gerado pelo conceito errado da força resultante em função do tipo de movimento. Assim, a força resultante atuante num corpo e a aceleração correspondente é outra necessidade importante, porém, faz-se necessária a *interpretação* da força resultante e aceleração igual a zero no MRU para que se possa fazer a diferenciação adequadamente.

Outros alunos acreditam ainda que, para haver movimento uniforme de um corpo é necessária uma fonte de energia, então, eles tendem a representar esta energia como uma força, o que nem sempre é verdade, pois isto acontece somente nos sistemas não conservativos, onde há uma força de atrito a ser vencida.

Ao se trabalhar com a segunda lei de Newton, é importante evidenciar as características do MRUV vertical, de apenas um corpo, vinculado à ação de duas forças incluindo o peso, ou seja, a representação destas forças. Uma constatação importante é que muitos alunos, em função dos problemas descritos, não estão sabendo qual é o efeito de uma força ou de uma força resultante que atua num corpo.

O efeito da força de atrito gerado pelo ar no movimento vertical para baixo poderá ser trabalhado também. O movimento vertical que acontece quando se considera esta força, que inicialmente é um MRUV, pode se transformar num MRU se a força de atrito na queda aumentar até se tornar igual ao peso. É recomendável que a representação destas situações na forma vetorial seja desenvolvida pelo aluno. A idéia poderá ser ampliada depois para outras situações, com movimento em outras direções, como por exemplo, no movimento horizontal de um submarino, de um avião ou de um automóvel, considerando-se outras forças de atrito, inclusive da água, ou ainda outras situações, com forças em direções inclinadas que deverão ser decompostas.

É importante mostrar, para o movimento uniforme horizontal de um corpo, numa determinada velocidade e com atrito, a dependência da força de propulsão em relação à força de resistência ao movimento. O movimento se tornará uniforme quando essas forças se tornam iguais, sendo um conceito que poderá ser estendido para outras situações e, além disso, pode-se envolver também a energia necessária para o movimento num intervalo de tempo ou para uma distância percorrida com estas condições.

Complementando, ainda para os sistemas não conservativos, o conceito de potência mecânica dependente da força constante para vencer a força de atrito poderá ser trabalhado.

4.1.4 Hidrostática

Para a inserção do conceito de empuxo, alguns conceitos prévios deverão ser resgatados, como:

- Massa específica e densidade, com ênfase no volume de um corpo, assim como as unidades utilizadas.

- Empuxo como uma força resultante (grandeza vetorial) vertical para cima.
- Força resultante igual a zero para corpos em repouso, que flutuam na água ou no ar.
- Pressão hidrostática e diferença de pressão hidrostática, salientando que a diferença de pressão, independentemente da profundidade, mantendo-se a densidade do fluído, é constante.
- A relação de dependência do empuxo, com a equação correspondente.

5 SUGESTÕES DE UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Para a utilização da proposta e a aplicação do método foi necessário programar a inserção das atividades durante o desenvolvimento sequencial da disciplina, com objetivos previstos até o final da primeira série, mas com sugestões também para a segunda e terceira séries. Utilizando-se do protótipo nas atividades, possibilita-se ao aluno vê-lo sob os vários aspectos que a disciplina pode contemplar, tornando-se um tema recorrente e com uma ordem gradativa de informações e dificuldades. O aluno, ao final do trabalho na terceira série, deverá saber explicar sobre o tema, utilizando-se dos conceitos e leis físicas para isto, e assim procedendo, terá aprendido de forma mais efetiva os conceitos mais importantes, podendo expandir facilmente estes conhecimentos para outras situações mais complexas.

A distribuição dos assuntos deverá ser desenvolvida na seguinte sequência, procurando-se atender também as sugestões de trabalho propostas em cada série, dentro da sequência natural de trabalho da disciplina.

5.1 NA PRIMEIRA SÉRIE

5.1.1 Unidades de Medida

Inicialmente é fundamental que as grandezas: comprimento, área, volume, massa e peso sejam estudados. Para se fazer avaliação de comprimento, área, massa e peso, utilizam-se dos dois tanques de vidro, sendo um pequeno, no qual o protótipo cabe sem que possa se movimentar e, outro maior, onde o protótipo poderá ser testado em outros aspectos. Porém, neste momento, somente as citadas grandezas é que interessam, e para isto

é que os recipientes devem ser utilizados, enfatizando-se as unidades e as transformações de unidades, principalmente para o sistema internacional.

Esta parte inicial é importante para situar o aluno numa contextualização das unidades de medida, porque a interpretação das unidades básicas de medida será fundamental para a correta interpretação de outros conceitos, principalmente unidades de comprimento, área e volume num primeiro momento, na primeira série. Também, colocando-o em contato com o protótipo, pode-se fazer uma avaliação do volume total do mesmo através do deslocamento de água no tanque, por ser um corpo irregular. É importante dizer que, aos poucos, à medida que os novos tópicos vão sendo inseridos, na análise inicial serão acrescentadas novas informações acerca da linguagem da Física e interpretação coerente das outras unidades utilizadas, procurando assim tornar mais consistente e consolidado o aprendizado do aluno nestes quesitos, para que depois ele possa resgatar estas informações mais facilmente.

Os exercícios são úteis e recomendáveis após cada etapa, para que o aluno promova a fixação dos conteúdos, mas o que o método em questão propõe como principal, utilizando-se de um protótipo, é procurar fazer a contextualização partindo sempre de um mesmo referencial.

5.1.2 Movimento

5.1.2.1 MRU (Movimento Retilíneo Uniforme)

O movimento deverá ser analisado inicialmente de duas maneiras, começando pelo movimento uniforme horizontal, depois o movimento vertical, para cima e para baixo, relacionando-os às forças aplicadas e à força resultante. Posteriormente poderá ser trabalhado o movimento o composto como complementação.

A característica principal do movimento uniforme, que é a velocidade constante, deve ser enfatizada neste momento. O protótipo, sendo puxado por um fio dentro da água, irá gerar uma força contrária e de igual intensidade, de resistência da água, apresentará uma força resultante igual a zero, fazendo-o percorrer espaços iguais em tempos iguais. Uma vez medida a sua velocidade, é importante que um gráfico seja construído pelo aluno para este movimento. O movimento vertical do submarino poderá ser trabalhado também, determinando-se assim os tempos de percurso ou distâncias percorridas por ele, lembrando

que este procedimento deve levar o aluno a entender o principal conceito deste tópico, que é o movimento uniforme e suas implicações, relacionando o espaço percorrido e o tempo de percurso.

Após esta fase, o conceito de movimento composto poderá ser inserido, ainda trabalhando com a equação mais simples que envolve velocidade, espaço e tempo, porém, para isto, o aluno deverá saber reconhecer os conceitos de deslocamento e trajetória.

Somente a partir deste ponto, a partir do que o aluno já sabe, e já formou uma ideia de ancoragem para interpretar o movimento, é recomendável introduzir as outras equações gerais do MRU, e então ele poderá fazer a análise de gráficos de velocidade e espaço percorrido em função do tempo, complementando o estudo com outros exemplos e atividades.

5.1.2.2 MCU (Movimento Circular Uniforme)

Para o movimento circular uniforme, cuja exemplificação inicial pode ser dada com o movimento da hélice propulsora do submarino e, como o aluno já tem o conceito de velocidade linear (espaço percorrido por unidade de tempo) trabalhado inicialmente, pode ser então trabalhado o novo conceito, de ângulo descrito e velocidade angular (ângulo descrito por unidade de tempo), e só então deverão ser fornecidas as outras equações deste tipo de movimento, juntamente com os conceitos complementares de velocidade linear, frequência e período, utilizando-se do protótipo para mostrar estas grandezas, onde será útil uma fonte de luz estroboscópica para se poder fazer também uma avaliação numérica.

5.1.2.3 MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado)

O movimento retilíneo uniformemente variado será exemplificado inicialmente com a análise do movimento do protótipo, a partir de sua posição de repouso, tanto horizontal, quanto vertical, enfatizando o aumento de velocidade, até que ele atinja uma velocidade uniforme em movimento horizontal (que já foi trabalhado), ou de descida ou subida na vertical, ou ainda, a redução de velocidade até que ele pare, por exemplo, no movimento horizontal. Mostra-se que esta variação de velocidade, para mais ou para menos, poderá ser quantificada, trabalhando-se então com o conceito de aceleração e a equação fundamental deste tópico, que é equação na forma mais simples: $a = \Delta V / t$.

Também é importante que a interpretação das unidades de aceleração derivadas desta equação sejam trabalhadas neste momento, as quais são, m/s^2 e $(\text{km/h})/\text{s}$ (quilometro por hora a cada segundo).

As outras equações, outros exemplos e a análise dos gráficos pertinentes a este tópico, poderão então ser trabalhados após estes procedimentos.

Após isto, os conceitos de queda livre serão desenvolvidos, começando por sua conceituação, que é o movimento vertical para baixo, de corpos sujeitos à ação do seu peso, e livres da resistência do ar. Enfatiza-se que a queda livre é um movimento vertical uniformemente variado.

Dois conceitos importantes devem ser também incluídos e enfatizados neste momento, os quais são: o peso e a resistência do ar. Os dois conceitos são importantes porque irão possibilitar novamente a análise do movimento vertical uniforme de um corpo em queda no ar (onde não se considera o empuxo), e do protótipo na água (onde o empuxo é considerado, além da força de resistência da água). É importante que o peso (que muitos alunos chamam de força da gravidade ou simplesmente de gravidade), seja interpretado principalmente como força que ele é, dependente da ação de um campo gravitacional, sempre atuando verticalmente para baixo. Ainda, para que o aluno compreenda a causa de alguns tipos de movimento naturais, como por exemplo, o movimento uniforme da queda das gotículas água de chuva, deve-se enfatizar que força de resistência aplicada a um corpo em movimento no ar, na água ou outro fluído, é uma força sempre contrária ao movimento, que depende da forma e velocidade deste, além de outras variáveis como densidade e viscosidade.

Especificamente para o movimento do protótipo na água em qualquer direção, haverá sempre a resistência da água, mas este conceito não será aprofundado neste momento, pois deverá ser retomado quando for feita a análise da força resultante atuante num corpo, embasada nas leis de Newton, assim como as implicações na determinação do tipo de movimento que haverá quando o protótipo se movimentar neste meio.

5.1.3 Força Resultante

É prudente definir força mais precisamente neste momento, colocando-a como: agente capaz de causar deformação e/ou mudança de velocidade de um corpo. É importante evidenciar que, quando um corpo se encontra em movimento uniforme e existe uma força de atrito, é necessária uma força de igual valor no sentido do movimento para mantê-lo

uniforme. Aproveitando a oportunidade, enfatiza-se também que o peso é uma força vertical para baixo, resultante de uma interação entre um campo gravitacional e uma massa.

Explorando a abrangência da definição de força em função dos tipos de movimento até aqui estudados, e também da deformação de um corpo qualquer ou de uma mola, fala-se que num corpo pode atuar mais de uma força simultaneamente, formando um sistema de forças, e então, define-se também a força resultante como a força que, sozinha, substitui as forças que compõe um sistema, podendo ser zero ou não.

Ainda, para explorar o conceito de força resultante, começa-se pelos exemplos mais simples, utilizando um sistema formado por duas forças na mesma direção, no mesmo sentido, em sentidos contrários.

Pode-se exemplificar com um corpo qualquer em repouso, em cima de uma mesa, por exemplo, ampliando-se a ideia com o uso do protótipo, analisando sua situação em repouso quando sustentando no ar, e depois, colocando-o na água, fazendo com que ele flutue na superfície, em repouso, ou então abaixo da superfície da água. A ênfase a ser dada é que, em termos de força resultante atuante sobre ele, comparando com um corpo apoiado numa mesa, as situações de equilíbrio são idênticas.

Ampliando a ideia anterior, a força resultante atuante num corpo, que poderá ser zero ou outro valor qualquer, define a situação que este assumirá quanto ao tipo de movimento (MRU ou MRUV), ou se ele estará em repouso. A análise mais profunda destas situações será feita num capítulo mais adiante, em dinâmica.

É o momento de falar sobre as duas leis de Newton, a primeira e a terceira, pertinentes ao assunto tratado neste momento, deixando a segunda lei para tratar separadamente em dinâmica.

Ainda dentro da estática, faz-se necessária a análise das forças inclinadas, das decomposições de força e situações de equilíbrio, podendo-se também falar no leme de direção ou profundos do protótipo para este fim, os quais têm uma inclinação que determina a força de deslocamento lateral ou vertical.

É importante neste momento fazer uma análise das formas de atuação de forças como um fechamento parcial da situação do submarino, flutuando acima ou abaixo da superfície, em repouso ou em movimento, vertical ou horizontal, para cima ou para baixo, uniforme ou acelerado, integrando a análise do tipo de movimento às forças atuantes e a sua força resultante. Com esta retrospectiva, retomam-se alguns conceitos importantes que serão úteis nos próximos tópicos, procurando passar ao aluno a ideia do todo, e não, em fragmentos.

5.1.4 Dinâmica

Em dinâmica, um dos conceitos básicos que deve estar bem claro é o da variação de velocidade (aceleração), visto em cinemática, sendo importante retomá-lo neste momento.

Pode-se, então, começar falando da segunda lei de Newton, analisando o movimento acelerado de um corpo, e também do protótipo, vertical ou horizontal, para cima ou para baixo. Mostra-se que, para haver movimento acelerado num determinado sentido de movimento, há necessidade, comprovada pela segunda lei de Newton, de que haja uma força resultante naquela direção. No caso específico do protótipo, em quaisquer das situações sugeridas, onde há duas forças contrárias agindo, deve-se priorizar a demonstração de que uma das forças (aquela que atua no sentido do movimento) deverá ser maior. A utilização da equação para a quantificação da força resultante em função da massa e da aceleração, que são os conceitos mais importantes desta etapa, só deverá ser trabalhada após estas considerações iniciais sugeridas.

5.1.5 Atrito

É muito importante neste momento que o aluno entenda que a força de atrito é sempre contrária ao sentido de movimento de um corpo, ou ao sentido de tendência de movimento, e que ela só poderá ser gerada em função de outra força ou de uma força resultante aplicada. Pode-se utilizar do protótipo sendo puxado por um fio para mostrar novamente esta situação, pois estes alunos já trabalharam essa força analisando o movimento uniforme, que agora terá outro enfoque, complementando-o.

A força de atrito que aparece entre um corpo e uma superfície pode então ser trabalhada, fornecendo ao aluno este conceito fundamental, bem como a sua equação, que existe em situações bem comuns, nas quais ele terá condições de analisar corretamente se estiver munido das ferramentas teóricas adequadas.

Utilizando-se do protótipo, pode-se trabalhar a força de atrito, quantificando-a, utilizando-a como um exemplo de força de resistência que aparece na estrutura do mesmo, porém, sem a necessidade de entrar em muitos detalhes do cálculo desta força nesta situação específica.

5.1.6 Trabalho

Analisa-se o efeito de uma força, inicialmente constante, atuando num corpo, tendo este um movimento uniforme (velocidade constante). Haverá uma força de reação em sentido contrário e a força resultante será igual a zero. Inclui-se o conceito de trabalho (τ), que é o produto da força aplicada ao corpo pelo seu deslocamento ($\tau = F.x$), evidenciando que trabalho é sinônimo de uma forma de energia sendo convertida em outra. Deve-se enfatizar que o trabalho realizado para movimentar um corpo com uma velocidade constante, num determinado intervalo de tempo, quando há alguma força de resistência (de atrito nos sistemas não conservativos), é equivalente à energia utilizada para vencer tal força neste intervalo de tempo, e por isso, trabalho e energia utilizam-se da mesma unidade de medida, ou seja, o Joule no sistema internacional.

Utiliza-se do protótipo para falar sobre o tema, mostrando que o movimento horizontal e uniforme dentro da água necessita de um motor propulsor para vencer a força de resistência da mesma, e que esta força é constante neste tipo de movimento, que o aluno já trabalhou. A fonte de energia para este movimento é a bateria do motor elétrico, sendo que o motor é o elemento que converte a energia contida na bateria (potencial elétrica) em energia de movimento (energia cinética), porém, há produção de calor, convertendo parte da energia elétrica em energia térmica, podendo-se então falar sobre o aproveitamento energético que é o rendimento. O motor receberá uma quantidade de energia para girar, mas ao girar ele aquece e utilizará parte da energia recebida para aquecer, utilizando-se, portanto, da energia que sobra para realizar o movimento.

É importante comentar sobre a fonte de energia para o movimento vertical de um submarino, pois o mesmo, à primeira vista, não necessita de um motor, sendo suficiente a mudança de densidade do submarino (enchimento ou esvaziamento das câmaras de água – tanques de lastro). Mostra-se então a fonte de energia deste movimento, que resultará no trabalho para o movimento vertical, vem do motor da bomba que movimenta a água dos tanques de lastro, ou do motor do compressor de ar, cujo ar comprimido movimenta a água do tanque, mudando a densidade do protótipo.

5.1.7 Potência

Como conceito de potência, que é a razão entre o trabalho realizado (energia convertida) e o tempo utilizado para realizá-lo, faz-se referência ao protótipo neste importante conceito, muito presente em projetos mecânicos e elétricos, e um dos mais importantes conceitos com o qual se preocupa a engenharia, e que poderá ser a profissão de alguns dos alunos, ou uma área afim escolhida por outros. Como os alunos sabem que a propulsão é exercida por meio de um motor elétrico, fala-se da transferência de energia da bateria para o motor, que é um conversor de energia elétrica em energia mecânica para o movimento da hélice. Portanto, o que deverá ser acrescentado aqui é que o motor retira da fonte (bateria) uma determinada quantidade de energia por unidade de tempo (Joule por segundo), que representa a potência (elétrica).

Ainda como complemento e fechamento pode-se dizer que, ao realizar uma quantidade de voltas num determinado tempo, a hélice aplicará uma força de propulsão igual à força de resistência imposta pela água (potência mecânica) devido ao movimento do protótipo, que resultará num movimento uniforme do mesmo. O que deverá ficar bem claro para o aluno, além da inclusão da variável tempo, quando se fala de potência, é que a hélice utilizada, numa determinada rotação, colocará o protótipo em movimento numa determinada velocidade limite, que é constante e dependente da potência mecânica máxima que o motor pode fornecer.

5.2 NA SEGUNDA SÉRIE

5.2.1 Densidade

Para que o aluno possa prosseguir com menor número de problemas de compreensão, deve-se dar a ele a noção de *massa específica* e de *densidade* (unidades derivadas), para que ele possa entender o princípio básico da estabilização de um submarino. Neste momento, no qual o conceito de força e também das formas de ação de forças, assim como o volume, já foram trabalhados, serão necessários estes conceitos para a correta interpretação da situação, quando o submarino se encontrar parcialmente ou totalmente submerso na água, assim como outro corpo que pode estar na mesma situação. É

importante que o aluno interprete a massa específica não só como equação simbolizada pela razão entre a massa e o volume de um corpo, tendo como unidade, no sistema internacional, o kg/m^3 , mas que ele saiba o que significa uma determinada quantidade de matéria num determinado volume e forme um conceito sobre isto.

Para que o aluno aprenda efetivamente, ele deverá previamente saber fazer as transformações das unidades de massa e volume, vistos no início do desenvolvimento do trabalho na primeira série. Porém, o que mais importa aqui é a interpretação da nova unidade, ou seja, ele deverá saber, além do espaço ocupado por um metro cúbico, que, neste volume de água, por exemplo, há mil quilogramas ou uma tonelada, e esta ideia deverá ser ampliada para outros materiais. Assim, o conceito de densidade (ou densidade relativa) poderá ser introduzido, como a razão entre as massas específicas de dois corpos.

A água, considerada para esta situação com massa específica de 1000 kg/m^3 ou 1 g/cm^3 , normalmente é utilizada como referência quando se quer falar sobre a densidade de um corpo. Desta maneira, sendo a densidade uma grandeza derivada de uma razão entre massas específicas, ela não tem unidade, sendo, portanto, uma grandeza adimensional. O aluno poderá perceber isto matematicamente quando se dividem duas unidades iguais.

Desta forma, a interpretação da densidade da água igual a 1, significando que a água tem massa específica de 1 g/cm^3 ou 1 kg/m^3 , e que também tem 1 kg/litro ou 1 kg/dm^3 poderá ser estendida para outros materiais, como o cobre ($d_{\text{cobre}} = 8,96$), utilizando-se as mesmas unidades utilizadas para a água.

Deve-se lembrar o aluno quanto à água salgada, que tem mais massa por unidade de volume (maior densidade) que a água doce, e ainda, que em temperaturas diferentes estes valores se alteram. Há uma oportunidade de se fazer uma atividade neste momento, utilizando-se do protótipo para mostrar esta relação, estabilizando-se o submarino na água sem sal, fazendo com que ele fique totalmente submerso, em repouso. Após isto, adicionando sal na água o protótipo subirá até a superfície, devido ao aumento da densidade da mesma.

Quanto à estabilização do protótipo na superfície ou abaixo dela, o aluno deve entender que:

- Quando o protótipo flutua na superfície da água, sua densidade (considerando sua massa e volume total) deverá ser menor que a densidade da água.
- Quando o protótipo fica em repouso abaixo da superfície da água, sua densidade deverá ser igual à densidade da água.

- Quando o protótipo afunda na água, sua densidade é maior que a densidade da água.

Portanto, para um submarino na água:

- Flutuar na superfície: $d < 1$
- Afundar: $d > 1$
- Ficar em repouso abaixo da superfície: $d = 1$

Como o aluno já teve o conceito de densidade e após ter trabalhado o conceito de pressão (razão entre força e área), reforça-se este conceito, partindo então para o conceito de pressão hidrostática, que depende da profundidade de um ponto num líquido e é um fator bastante importante quando se trata especificamente de se determinar dimensões, estrutura e profundidade de trabalho de um submarino.

Utiliza-se o protótipo para se trabalhar o tema proposto, assim como as implicações que o aumento da pressão hidrostática terá num submarino e os recursos que devem ser previstos a fim de se proporcionar uma navegação segura.

O conceito de potência trabalhado anteriormente poderá ser retomado, falando-se da potência necessária para o bombeamento d'água sob alta pressão, que poderá entrar como complemento neste nível de ensino.

5.2.2 Pressão Hidrostática

Com o conhecimento inicial de pressão, que é a razão entre força e área, e suas unidades, e um complemento com a pressão atmosférica, explora-se, então, a pressão sofrida por um corpo submerso na água, por exemplo, numa determinada profundidade.

Para o caso específico do protótipo, determina-se a pressão em determinadas profundidades, e também a força sofrida numa parte de seu casco, como uma tampa, por exemplo, ou numa janela, passando depois para a consideração do caso real de um submarino, onde as profundidades são maiores e a pressão também.

É muito importante salientar que a diferença de pressão entre a parte superior e inferior do casco é constante e esta diferença é que determina o empuxo, que por sua vez vem a ser constante determinado pela força resultante que aparece entre a parte inferior e superior do casco, independentemente da profundidade que navega o submarino. Vale

lembrar que este conceito é um dos conceitos importantes e que foi percebido como falho na pesquisa realizada.

5.2.3 Empuxo

Neste momento um conceito não tão novo para o aluno, visto que foi trabalhado inicialmente no estudo da força resultante na primeira série, como sendo uma força vertical para cima, no caso de um corpo imerso num fluído. O conceito de empuxo deverá ser enfatizado como força resultante que ele é, porém, neste momento, deverá ser trabalhada a equação correspondente, para que se possa prosseguir com o desenvolvimento do trabalho, enfatizando-se que empuxo é uma força resultante devido à diferença de pressão na parte superior e inferior do casco do protótipo.

Após este apanhado inicial e agora que o aluno já trabalhou com todos os tópicos básicos, vale relembrar os conceitos de densidade e força resultante, interpretando, principalmente, a força vertical para cima como empuxo, juntamente com pressão hidrostática e diferença de pressão hidrostática. Um complemento a este tópico poderá ser trabalhado, explorando-se o movimento do submarino (vertical, por exemplo), juntamente com a força de resistência causada pela água, analisando-se as forças atuantes, que foi também percebido na pesquisa como um ponto falho.

Retoma-se, então, a análise feita no início do primeiro ano, quanto às situações possíveis de um submarino, em repouso ou em movimento vertical, para cima ou para baixo, que são:

Flutuando na superfície;	$(P = E \text{ e } d < 1)$
Em repouso abaixo da superfície;	$(P = E \text{ e } d = 1)$
Em MRUV para baixo;	$(P > E + F \text{ e } d > 1)$
Em MRU para baixo;	$(P = E + F \text{ e } d > 1)$
Em MRUV para cima;	$(P < E - F \text{ e } d < 1)$
Em MRU para cima.	$(P = E - F \text{ e } d < 1)$

(onde P = Peso; E = empuxo; F = Força de resistência da água)

5.3 NA TERCEIRA SÉRIE

5.3.1 Revisão sobre Força Resultante

É importante então uma revisão do que foi visto com relação ao protótipo, pois haverá nesta série um fechamento de alguns tópicos referentes ao trabalho físico, à potência elétrica e à energia utilizada e, estes itens têm como grandeza de dependência, a força aplicada, a força de reação e a força resultante. A revisão é importante, pois segundo Pontes Neto (2006, p. 126):

a teoria da aprendizagem significativa dá alguma atenção às estratégias de aprendizagem, considera que a própria definição de aprendizagem significativa inclui a revisão, por parte do aluno, na medida em que a assimilação de material potencialmente significativo e a consequente mudança da sua estrutura cognitiva dependem de como esse aluno responde às apresentações iniciais e subsequentes do material a ser aprendido.

Apesar da teoria de Ausubel prever uma revisão por parte do aluno, a revisão proposta neste momento do trabalho deverá partir do professor, visando estimular neste nível de ensino a revisão a ser desenvolvida pelo aluno, promovendo um fechamento parcial do conteúdo trabalhado até o momento, visto que os principais conceitos desta revisão serão reutilizados nos itens subsequentes, nos cálculos de eletrostática, e em eletrodinâmica, na análise dos geradores e receptores. Portanto, propõe-se novamente no início da terceira série a se fazer uma reanálise das forças atuantes no protótipo, flutuando acima ou abaixo da superfície, em repouso ou em movimento, vertical ou horizontal, para cima ou para baixo, uniforme ou acelerado, e em conjunto, a análise do tipo de movimento com as respectivas forças resultantes. Com esta retomada neste momento, alguns conceitos importantes serão revistos e melhorados, visto que serão úteis nos próximos tópicos nesta série, procurando sempre fazer com que o aluno tenha a idéia do todo novamente e não dos conceitos fragmentados, porém, agora com maior embasamento teórico que nas séries anteriores.

5.3.2 Gerador Elétrico

O elemento propulsor do protótipo é um motor elétrico de tensão contínua, que depende de uma fonte de alimentação. O aluno deverá saber que a energia para a propulsão deve ter uma fonte, pois isto já foi trabalhado num momento anterior, e ele já sabe que o movimento do protótipo gera uma força de atrito com a água. Desempenhando o papel de gerador elétrico para o motor, neste contexto é a bateria, que é a fonte de energia para o movimento, e os aspectos físicos desta fonte devem ser estudados neste momento, os quais são: a tensão nominal, a resistência interna, a potência elétrica e o rendimento. Uma constatação importante que os alunos devem fazer é que, como há aquecimento na fonte, nem toda energia será transferida ao motor, e estes parâmetros quantitativos deverão ser avaliados. O aluno deverá perceber que o motivo para que não haja tal transferência é a resistência interna da fonte, que passa a fazer parte do circuito, utilizando parte da energia para aquecimento da mesma.

5.3.3 Receptor Elétrico

O motor elétrico utilizado no protótipo é o receptor elétrico. Este motor, conforme já mencionado, não receberá da fonte nem a tensão nominal e nem a energia total armazenada na mesma, portanto, do total de energia que a fonte pode fornecer, parte será utilizada por ela ao se aquecer. Para o motor, que também aquece, transformará uma parte da energia recebida em forma de calor, e o restante é que será transformado em trabalho mecânico, ou seja, em movimento da hélice, e em consequência deste, o movimento do protótipo. É importante fazer com que o aluno perceba estes problemas de aproveitamento energético. Nesta ocasião é oportuno se fazer uma avaliação quantitativa do motor, da bateria e do conjunto (motor e bateria) quanto ao rendimento individual e do sistema. Além disso, é importante a análise de algumas variáveis que podem determinar maior ou menor necessidade de potência, tanto da bateria quanto do motor, demandando maior ou menor consumo de energia por unidade de tempo, como por exemplo, a aceleração, desaceleração, ou a navegação com velocidades constantes diferentes.

ATIVIDADE 1

Medidas

Serão determinadas as dimensões internas de um tanque de água pequeno. Posteriormente, serão determinadas a superfície interna da base e o volume interno do tanque, o qual será comprovado.

Objetivos:

- Determinar comprimento, área e volume através de medidas e cálculos;
- Calcular o volume;
- Comparar o volume calculado com o volume medido;
- Possibilitar ao aluno a interpretação das unidades de medida;
- Possibilitar ao aluno a percepção de erros que podem ser cometidos ao se fazer uma medida.

Conteúdos trabalhados: Unidades de medida, volume.

Materiais utilizados:

- Um tanque de água pequeno;
- Uma régua,
- Um frasco béquer.

Desenvolvimento da atividade:

Determine as medidas internas do tanque em cm e transforme para as unidades solicitadas:

Comprimento = _____ cm = _____ dm

Largura = _____ cm = _____ dm

Altura = _____ cm = _____ dm

Determine a área interna da base do tanque.

$A_b = \text{_____ cm}^2 \text{ _____ dm}^2$

Determine o volume interno do tanque em cm^3 e em dm^3 :

Volume = _____ cm^3 = _____ ml (mililitros)

Volume = _____ dm^3 = _____ l (litros)

Coloque água no tanque com o béquer, comprovando o volume calculado. $V = \text{_____ ml}$

Responda também às seguintes perguntas:

1) Qual é o volume do tanque:

a) Em litros

b) Em m³

2) Houve alguma diferença entre o volume calculado e o volume medido? E se houve há uma justificativa?

ATIVIDADE 2

Equilíbrio de corpos submersos e de corpos flutuantes

Um protótipo de submarino será colocado na água por três vezes, sendo que na primeira e segunda vez ele ficará flutuando na superfície e na terceira ele ficará equilibrado em repouso totalmente submerso. Será medida a massa do protótipo, o volume e a massa de água deslocada por ele nas três situações de equilíbrio propostas.

Objetivos:

- Medir massa com balança;
- Determinar volume e massa através de cálculos;
- Comparar a massa de água deslocada pelo protótipo com a massa do protótipo, nas três situações de equilíbrio propostas.

Conteúdos trabalhados: Unidades de medida de comprimento, massa, e volume, e também o equilíbrio.

Materiais utilizados:

- Um tanque de água pequeno
- Um protótipo de submarino
- Uma balança
- Uma régua
- Pedacos de chumbo para lastro do protótipo

Desenvolvimento da atividade:

1º Caso: O protótipo ficará com aproximadamente 60% do casco submerso, em repouso.

Nível inicial da água no tanque sem o protótipo = _____cm

Nível final da água com o protótipo = _____cm

Área da base do tanque = _____cm²

Massa do protótipo (m_1) = _____g (deverá ser medido com a balança)

Massa de água deslocada pelo protótipo (m_2) = _____g (determine através de cálculos)

- O volume de água de um paralelepípedo é o produto de suas dimensões, que será utilizado para determinar o volume de líquido deslocado e, com este volume, determinar a massa: $V = a.b.c$

- A água será considerada com 1 g em cada centímetro cúbico, suficiente para o objetivo desta atividade, que é a massa específica da mesma na temperatura de 4°C (1g/cm³), sem levar em consideração as pequenas variações para outras temperaturas.

Pode-se dizer que as massas m_1 e m_2 (do protótipo e da água deslocada por ele) são iguais?

2º Caso: O protótipo ficará com a maior parte do casco submerso, em repouso, ficando somente a cabine acima do nível da água.

Nível inicial da água = _____ cm (mesmo valor obtido no 1º caso)

Nível final da água = _____ cm

Área da base do tanque = _____ cm^2 (mesmo valor obtido no 1º caso)

Massa do protótipo (m_3) = _____ g (deverá ser medido com a balança)

Massa de água deslocada pelo protótipo (m_4) = _____ g (determine através de cálculos)

Pode-se dizer que as massas m_3 e m_4 (do protótipo e da água deslocada por ele) são iguais?

3º Caso: O protótipo ficará totalmente submerso abaixo da superfície e em repouso.

Nível inicial da água = _____ cm (mesmo valor obtido nos casos anteriores)

Nível final da água = _____ cm

Massa do protótipo (m_5) = _____ g (deverá ser medido com a balança)

Massa de água deslocada pelo protótipo (m_6) = _____ g (determine através de cálculos)

Pode-se dizer que as massas m_5 e m_6 (do protótipo e da água deslocada por ele) são iguais?

Responda às seguintes perguntas:

- 1) Observando os valores das massas do protótipo e da água deslocada por ele, nos três casos de equilíbrio acima, o que se pode concluir?
- 2) Se um submarino tem 10 toneladas quando totalmente submerso na água:
 - a) Qual é a massa de água deslocada por ele?
 - b) Qual é o volume de água deslocado por ele?
 - c) Qual é o volume total (externo) do submarino?
- 3) Se um barco tem 600 kg de massa e encontra-se flutuando na superfície da água:
 - a) Qual é a massa de água deslocada pela parte submersa do casco do barco?
 - b) Qual é o volume de água deslocado pela parte submersa do casco do barco?
 - c) Qual é o volume total da parte submersa do casco do barco?

- 4) Podemos dizer que o volume de água deslocada é sempre igual ao volume da parte submersa do corpo equilibrado pelo fluido?
- 5) Podemos dizer que a massa de água deslocada é sempre igual à massa do corpo equilibrado pelo fluido?
- 6) Podemos dizer que o peso da água deslocada é sempre igual ao peso do corpo equilibrado pelo fluido?

ATIVIDADE 3

Ação de forças, incluindo a força peso e o empuxo

Procedimento 1:

Regular a massa de um protótipo de submarino para que ele possa flutuar na superfície da água. Medir o peso e determinar as condições de equilíbrio do protótipo em repouso. Para isto, o protótipo será retirado da água e sustentado por um único cabo, sendo mantido em repouso. Deverá também ser feito um desenho onde sejam representadas e nominadas corretamente as forças atuantes nesta situação, assim como a direção, o sentido e a intensidade das mesmas, embasando-se nas leis de Newton.

Procedimento 2:

O protótipo será colocado na água flutuando na superfície, pois sua massa foi regulada para isso no procedimento 1. Deverá ser feito um desenho onde sejam representadas e nominadas as forças atuantes nesta situação, assim como a direção, o sentido e a intensidade das mesmas, embasando-se nas leis de Newton.

Objetivos:

- Analisar direção e sentido de atuação de forças, representando-as corretamente;
- Determinar as condições de equilíbrio de um corpo em repouso;
- Identificar peso como uma força vertical para baixo.
- Identificar empuxo como uma força vertical para cima.

Conteúdo trabalhado:

1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.

3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados: - Um tanque de água pequeno
 - Um protótipo de submarino
 - Um dinamômetro graduado em Newton (N)
 - Pedacos de chumbo para lastro (material utilizado para garantir a estabilidade do protótipo)

Desenvolvimento da atividade:

Parte 1:

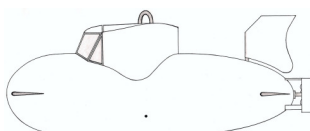
- 1 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;
- 2 - Retire-o da água e determine o peso para esta situação, utilizando-se de um dinamômetro:

$$P = \text{_____} N$$

- 3 - Determine a massa do protótipo através da equação do peso.

$$m = \text{_____} kg = \text{_____} g$$

- 4 - Suspenda o protótipo por um fio, o qual aplicará no mesmo uma força de tração (T), vertical para cima, mantendo-o em repouso;
- 5 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes na situação 4, representando corretamente a direção e sentido destas forças;



- 6 - Determine o valor das forças atuantes aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

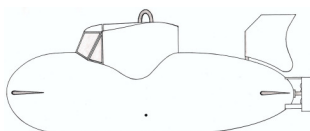
$$P = \text{_____} \text{ N} ; \quad T = \text{_____} \text{ N}$$

Parte 2:

- 1 - Suspenda o protótipo pelo dinamômetro e, lentamente, coloque-o na água até que o mesmo flutue na superfície; A força indicada no dinamômetro irá gradativamente diminuir até zerar.
- 2 - Determine o nome da força que é aplicada pela água no protótipo, verticalmente para cima, que o mantém em equilíbrio e não permite que o mesmo afunde:

Força vertical para cima = _____ que utiliza como símbolo a letra ____

- 3 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes nesta situação.



- 4 - Determine o valor das forças aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª);

$$P = \text{_____} \text{ N} ; \quad E = \text{_____} \text{ N}$$

- 5 - Compare a força T (da parte 1) com a força E (da parte 2). Estas forças são iguais? _____.
- 6 - Compare a força peso (P) com o empuxo (E). Estas forças são iguais? _____.
- Conclusão: _____.

Responda às seguintes perguntas:

- 1) Um corpo qualquer tem 5 kg de massa. Determine a intensidade, a direção e o sentido da força vertical necessária para sustentá-lo, quando o mesmo está suspenso por um fio, em repouso no ar?

Intensidade = _____ N; Direção = _____ ; Sentido = _____.

- 2) Se o mesmo corpo da questão 1 for colocado na água e flutuar na superfície, qual será a intensidade, direção e sentido da força aplicada pela água, que não permite que o corpo afunde? Qual é o nome desta força?

Intensidade = _____ N; Direção = _____ ; Sentido = _____.

Nome da força = _____

- 3) Um cubo está sendo sustentado em repouso no ar por forças horizontais aplicadas por dois dedos, um em cada face, em faces opostas. Faça um desenho representando as citadas forças e as outras forças necessárias ao equilíbrio. Determine as condições de equilíbrio do cubo nesta situação.

ATIVIDADE 4

Ação de forças, incluindo a força peso e o empuxo

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele possa ficar em equilíbrio abaixo da superfície da água. Após este procedimento seu peso será medido e o protótipo será recolocado na água, mantendo-se em repouso. Deverá ser feito um desenho onde sejam representadas e nominadas corretamente as forças atuantes nesta situação, assim como a intensidade das mesmas, embasando-se nas leis de Newton.

Objetivos:

- Analisar direção e sentido de atuação de forças num corpo submerso em repouso, representando-as corretamente;
- Determinar as condições de equilíbrio de um corpo em repouso abaixo da superfície da água;
- Identificar peso como uma força vertical para baixo.
- Identificar empuxo como uma força vertical para cima.

Conteúdo trabalhado:

1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.

3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados:

- Um tanque de água pequeno
- Um protótipo de submarino
- Um dinamômetro
- Pedacos de chumbo para lastro do protótipo

Desenvolvimento da atividade:

1 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele fique em repouso abaixo da superfície;

2 - Retire o protótipo da água e determine o peso para esta situação, empregando um dinamômetro:

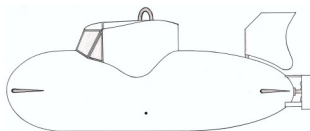
$$P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

3 - Determine a massa do protótipo através da equação do peso.

$$m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$$

4 - Coloque o protótipo na água para que ele fique em repouso abaixo da superfície novamente.

5 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes nesta situação, colocando os nomes das forças atuantes, representando corretamente a direção e sentido das mesmas;



6 - Determine o valor das forças aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

$P = \text{_____} \text{N}; \quad E = \text{_____} \text{N}$

7 - Compare a força peso (P) com o empuxo (E). Estas forças são iguais?_____.

Conclusão_____.

8 - Desenhe um balão flutuando em repouso no ar.

9 - Represente e nomeie corretamente as forças atuantes no mesmo;

Determine o valor das forças atuantes para manter o balão em repouso no ar, aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

ATIVIDADE 5

Movimento Retilíneo Uniforme utilizando um protótipo com propulsão à hélice

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele flutue na superfície da água. Será então ligado o motor propulsor e o protótipo será solto. O movimento inicialmente será uniformemente variado, porém, após um pequeno intervalo de tempo, devido à ação da força de resistência da água, que crescerá devido ao aumento da velocidade, tornar-se-á igual à força de propulsão exercida pela hélice e o movimento se tornará uniforme.

Objetivo:

- Determinar a velocidade do protótipo de submarino num trecho onde o movimento seja uniforme, medindo-se a velocidade em dois pontos distintos deste trajeto.

Conteúdo trabalhado: Unidades de medida e Movimento Retilíneo Uniforme

Materiais utilizados:

- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Um cronômetro com sensor

Desenvolvimento da atividade.

- 1 - Instale o sensor no tanque, colocando-o a cerca de 40 cm de uma extremidade; (espaço suficiente para o movimento acelerado inicial)
- 2 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;
- 3 - Instale no protótipo o anteparo com comprimento conhecido, o qual passará pelo sensor para determinação do tempo e posterior determinação da velocidade;

comprimento do anteparo = _____ cm = _____ m

- 4 - Ligue o motor propulsor do protótipo e solte-o num ponto anterior ao sensor, o mais afastado o quanto possível do mesmo;
- 5 - Meça o tempo de percurso do protótipo (tempo de passagem do anteparo com comprimento conhecido instalado no protótipo), em movimento uniforme e calcule a velocidade do mesmo neste ponto;

$t = \text{_____ s}$ $v_1 = \text{_____ cm/s} = \text{_____ m/s}$

- 6 - Mude a posição do sensor para um ponto mais a frente, cerca de 50 cm;
- 7 - Ligue o motor propulsor e solte o protótipo do mesmo ponto em que ele foi solto no procedimento 4.
- 8 - Meça o tempo de percurso do protótipo (tempo de passagem do anteparo com comprimento conhecido instalado no protótipo), em movimento uniforme e calcule a velocidade do mesmo neste ponto;

$t = \text{_____ s}$ $v_2 = \text{_____ cm/s} = \text{_____ m/s}$

- 9 - As velocidades medidas em dois pontos do trajeto, v_1 e v_2 , são iguais?

10 - A velocidade com a qual o protótipo passou nos dois pontos foi a mesma? _____

11- Conclusão: _____

ATIVIDADE 6

Equilíbrio dinâmico no Movimento Retilíneo Uniforme do protótipo sendo puxado por pesos

Um protótipo de submarino será inicialmente colocado na água, flutuando na superfície, somente com a cabine acima do nível de água. Será posteriormente puxado quatro vezes por forças diferentes, medindo-se as velocidades correspondentes atingidas.

Haverá movimento uniforme com uma velocidade constante em cada uma das situações. A causa é a força contrária ao movimento, que é a resistência da água, quando esta se torna igual à força de tração aplicada ao protótipo, e isto irá gerar no mesmo uma força resultante igual a zero e um MRU, porém, diferente em cada uma das situações em função do valor diferente da força de tração aplicada e da resistência proporcional da água em cada uma das situações.

Para a realização desta prática, corpos com massas diferentes (grampos de roupa) serão suspensos por um fio que passa por duas roldanas e estará ligado ao protótipo em sua parte frontal, puxando-o com uma força horizontal. Um cronômetro irá medir o tempo de passagem do protótipo num determinado ponto do trajeto (num lugar onde a velocidade esteja estabilizada, sendo, portanto, um movimento uniforme), podendo-se com este procedimento determinar o valor das velocidades atingidas.

Objetivos:

Parte 1: - Medir o tempo de percurso e determinar a velocidade de um móvel com o uso de um cronômetro;
 - Fazer uma tabela que mostre o espaço percorrido pelo protótipo a cada segundo e, também, o respectivo gráfico do movimento;

Parte 2: - Construir uma tabela que mostre a velocidade em função da força aplicada para o movimento do protótipo na água.
 - Construir um gráfico que mostre a velocidade em função da força aplicada para o movimento do protótipo na água.

Conteúdos trabalhados: Movimento Retilíneo Uniforme, 1ª e 3ª leis de Newton e construção e interpretação de gráficos.

1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.

3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados: - Um tanque de água grande
 - Um protótipo de submarino
 - Um cronômetro
 - Uma régua
 - Quatro grampos de roupa para serem suspensos, puxando o protótipo
 - Fio e pedaços de chumbo para lastro do protótipo

Desenvolvimento da atividade:

1 - Meça a massa e determine o peso dos grampos que serão utilizados, os quais serão suspensos no fio que ficará amarrado ao protótipo.

Massa de cada grampo = _____ g Peso de cada grampo = _____ gf
 1 gf = peso de um corpo com 1 g de massa.

2 - Para proceder à primeira medida de tempo, posicione o sensor numa distância de 40 cm de uma extremidade do tanque onde o protótipo será solto.

3 - Meça a largura do anteparo ligado ao protótipo para a medição da velocidade = _____ cm

4 - Suspenda um grampo e largue o protótipo no início do tanque. Meça o tempo de passagem do anteparo ligado ao protótipo nas quatro situações seguintes, adicionando um grampo suspenso para cada nova medida.

$m_1 = \text{_____ g}$ $P_1 = \text{_____ gf}$ $t_1 = \text{_____ s}$ $v_1 = \text{_____ cm/s}$
 $m_2 = \text{_____ g}$ $P_2 = \text{_____ gf}$ $t_2 = \text{_____ s}$ $v_2 = \text{_____ cm/s}$
 $m_3 = \text{_____ g}$ $P_3 = \text{_____ gf}$ $t_3 = \text{_____ s}$ $v_3 = \text{_____ cm/s}$
 $m_4 = \text{_____ g}$ $P_4 = \text{_____ gf}$ $t_4 = \text{_____ s}$ $v_4 = \text{_____ cm/s}$

5 - Faça a equação horária do movimento para cada uma das velocidades determinadas anteriormente.

$e_1 =$ $e_2 =$ $e_3 =$ $e_4 =$

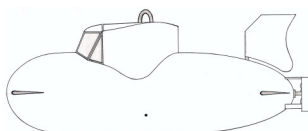
6 - Utilizando-se das equações acima e um intervalo de 0 a 2 s de movimento, preencha a tabela abaixo. Considere $e_0 = 40$ cm (distância de um dos lados do tanque até o primeiro sensor).

Após preencher a tabela, utilizando-se dos dados da mesma e um papel milimetrado, num mesmo par de eixos, construa os gráficos das posições do protótipo em função do tempo.

t (s)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)
0				
1				
2				

7 - Aplique as condições de equilíbrio dinâmico ao protótipo utilizando as leis de Newton (1ª e 3ª) para o Movimento Retilíneo Uniforme horizontal do mesmo.

Observações: - Denomine por T a força de tração horizontal aplicada ao protótipo
 - A força T é igual ao peso do corpo suspenso.
 - Denomine por F_a a força horizontal de resistência da água.



8 - Preencha a tabela abaixo com parte dos dados obtidos no procedimento 4, complementando-a com as conclusões do procedimento 7.

Sequência	P (gf)	T (N)	F _a (N)	v (cm/s)
1				
2				
3				
4				

T = força de tração horizontal aplicada ao protótipo

F_a = força de resistência da água

9 - Construa um gráfico que mostre velocidade constante atingida em função da força aplicada ao protótipo, para cada uma das forças utilizadas na experiência.

Conclusões: _____

ATIVIDADE 7

MCU e equilíbrio estático

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele possa flutuar na superfície da água. Será ligado o motor propulsor, porém, o protótipo não sairá do lugar, pois estará ligado a um fio que passa por uma roldana e tem um corpo suspenso na outra extremidade, o qual o manterá em repouso. Com o motor propulsor ligado, regulando-se a massa do corpo suspenso, a força horizontal aplicada pela hélice será equilibrada pelo peso deste corpo.

Objetivos:

- Determinar a frequência de giro da hélice;
- Determinar a força de atuação horizontal no protótipo em função da frequência de giro da hélice;
- Analisar o sentido de atuação das forças horizontais no protótipo na situação de equilíbrio Horizontal;
- Determinar as condições de equilíbrio horizontal do protótipo em repouso;
- Representar corretamente as forças horizontais atuantes no protótipo nesta situação.

Conteúdo trabalhado:

- MCU
- Equilíbrio
- 1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.
- 3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados:

- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Um dinamômetro
- Uma fonte de luz estroboscópica
- Pedacos de chumbo para equilíbrio da força exercida pela hélice.

Desenvolvimento da atividade.

- 1 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;
- 2 - Fixe o cabo na parte traseira do protótipo, fazendo-o passar pela roldana, colocando na outra extremidade o anteparo para suspender os corpos que farão o equilíbrio da força da hélice.
- 3 - Ligue o motor propulsor e equilibre o sistema através do peso suspenso no fio.
- 4 - Com o auxílio da luz estroboscópica, determine a frequência de giro da hélice, em hertz e em rpm.

$$f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ rpm}$$

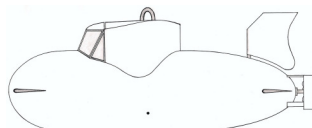
- 5 - Meça o peso (P) do corpo suspenso e, aplicando as leis de Newton, determine a força de tração horizontal (T) aplicada ao protótipo.

$$P = \text{_____} \text{N} \quad T = \text{_____} \text{N}$$

6 - Aplicando as leis de Newton, determine o valor da força exercida pela hélice.

$$F_H = \text{_____} \text{N};$$

7 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes no protótipo nesta situação, representando corretamente a direção e sentido das mesmas;



8 - Determine as condições de equilíbrio (estático) horizontal aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

9 - Conclusão: _____

ATIVIDADE 8

MCU e equilíbrio dinâmico utilizando-se o motor propulsor do protótipo

Será medida a frequência da hélice do motor propulsor de um protótipo de submarino quando o mesmo for equilibrado por uma força horizontal, igual ao peso de um corpo suspenso.

O protótipo será colocado na água, e nele será amarrado um fio que passa por uma roldana, tendo um corpo de pequeno peso suspenso na outra extremidade. Será então ligado o motor e regulado o peso do corpo suspenso para que, ao ser solto o protótipo, ele não saia do lugar, mantendo-se em repouso. Nesta situação a força horizontal aplicada pela hélice estará sendo equilibrada pelo peso do corpo suspenso, sendo esta força da mesma intensidade do peso.

Objetivos:

- Determinar a frequência de giro da hélice;
- Determinar a força de atuação horizontal em função da frequência de giro da hélice;
- Analisar o sentido de atuação das forças horizontais no protótipo, representando-as corretamente;
- Determinar as condições de equilíbrio horizontal do protótipo em repouso.

Conteúdo trabalhado:

- MCU
- 1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.
- 3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados: - Um tanque de água grande

- Um propulsor do protótipo de submarino
- Um dinamômetro
- Uma fonte de luz estroboscópica
- Pedacos de chumbo para equilíbrio da força exercida pela hélice.
- Fio para suspender os pesos de chumbo

Desenvolvimento da atividade.

- 1 - Coloque o protótipo na água flutuando na superfície.
- 2 - Fixe o cabo ao protótipo, fazendo-o passar pela roldana do tanque de água, colocando na outra extremidade do fio um anteparo para suspender os corpos que farão o equilíbrio da força aplicada pela hélice.
- 3 - Ligue o motor do protótipo e equilibre o sistema através da adição de pesos, compatíveis com a frequência de giro da hélice.
- 4 - Com o auxílio da luz estroboscópica, determine a frequência de giro da hélice, em hertz e em rpm.

$$f = \text{_____} \text{ Hz} = \text{_____} \text{ rpm}$$

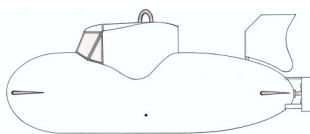
5 - Meça o peso (P) do corpo suspenso e, aplicando as leis de Newton e determine a força de tração horizontal (T) aplicada ao protótipo.

$$P = \text{_____} \text{ N} \quad T = \text{_____} \text{ N}$$

6 - Aplicando as leis de Newton, determine o valor da força exercida pela hélice;

$$F_H = \text{_____} \text{ N};$$

7 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes no protótipo nesta situação, representando corretamente a direção e sentido das mesmas;



8 - Determine as condições de equilíbrio (estático) horizontal e vertical, aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

9 - Conclusão: _____

ATIVIDADE 9

Equilíbrio dinâmico no Movimento Retilíneo Uniforme de um protótipo de submarino com propulsão à hélice

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele flutue na superfície da água. Será ligado o motor do protótipo e o mesmo será solto. O movimento inicial será uniformemente variado, mas após um pequeno intervalo de tempo será um movimento uniforme devido à ação da força de resistência da água, a qual se tornará igual à força de propulsão exercida pela hélice determinada na atividade 7.

Objetivos:

- Determinar as forças de atuação horizontal no movimento uniforme do protótipo;
- Analisar o sentido de atuação das forças horizontais no protótipo quando em movimento uniforme horizontal, representando-as corretamente;
- Determinar as condições de equilíbrio (dinâmico) horizontal do protótipo em movimento uniforme;

Conteúdo trabalhado:

1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.

3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados:

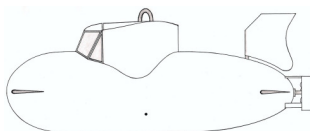
- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Um cronômetro com dois sensores (início e final da contagem de tempo num trecho cujo movimento é uniforme)

Desenvolvimento da atividade:

- 1 - Instale os dois sensores no tanque, colocando o primeiro sensor cerca de 40 cm da extremidade oposta a das roldanas, e o outro sensor à 50 cm do primeiro;
- 2 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;
- 3 - Ligue o motor propulsor e solte o protótipo num ponto anterior ao primeiro sensor, o mais afastado o quanto possível do mesmo;
- 4 - Meça o tempo de percurso do protótipo nos 50 cm (distância entre os sensores), em movimento uniforme e calcule a velocidade do mesmo;

$t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s} \quad v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$

- 5 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes nesta situação, representando corretamente a direção e sentido das mesmas;



6 - Determine as condições de equilíbrio dinâmico do protótipo nestas condições, aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

7 - Meça a força exercida pela hélice com o mesmo procedimento utilizado na atividade 8.

$F = \underline{\hspace{2cm}}$ N

8- Conclusão: _____

ATIVIDADE 10

Submarino: Movimento Retilíneo Uniforme e vertical para cima de um protótipo

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele flutue na superfície da água, ficando somente com a cabine fora da água. O protótipo então será colocado no fundo do tanque e depois será solto, que subirá em movimento uniforme na maior parte do trajeto até a superfície.

Como o peso do protótipo foi regulado para que o mesmo flutuasse na superfície, quando ele for solto no fundo do tanque, terá uma força resultante vertical para cima (o empuxo do protótipo abaixo da superfície é maior que o seu peso nesta situação), sendo que esta força resultante o fará subir, inicialmente acelerando e aumentando sua velocidade.

Com a velocidade aumentando, aumentará também a força de resistência da água sobre o protótipo, vertical para baixo, que estabilizará a sua velocidade e o fará entrar em movimento vertical uniforme para cima, permanecendo assim até atingir a superfície. Ao atingir a superfície, parte do seu volume (a cabine) sairá da água e o empuxo irá diminuir igualando-se ao peso, e desta forma o protótipo ficará flutuando na superfície novamente.

Objetivos:

- Determinar as forças de atuação vertical no protótipo, no movimento uniforme para cima;
- Analisar o sentido de atuação das forças verticais no protótipo quando em movimento uniforme vertical para cima, representando-as corretamente;
- Determinar as condições de equilíbrio dinâmico do movimento vertical para cima do protótipo em movimento uniforme;

Conteúdo trabalhado:

1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.

3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados:

- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Um cronômetro com dois sensores (início e final da contagem de tempo)
- Um dinamômetro

Desenvolvimento da atividade.

- 1 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele fique flutuando em repouso abaixo da superfície;
- 2 - Retire o protótipo da água e determine o peso do mesmo com o dinamômetro;

$$P_1 = \text{_____} \text{ N}$$

- 3 - Coloque o protótipo na água novamente e regule a massa do mesmo para que ele flutue na superfície, ficando somente com a cabine fora da água;

4 - Retire o protótipo da água novamente e meça o peso do mesmo com o dinamômetro;

$$P_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

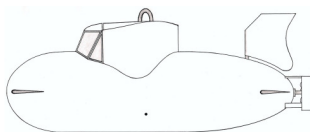
5 - Instale os dois sensores no tanque, colocando o primeiro sensor de modo que o protótipo fique com uma folga vertical, anterior a ele, de 10 cm aproximadamente. Instale o outro sensor acima do primeiro, numa distância de 20 cm;

6 - Coloque o protótipo no fundo do tanque, abaixo do primeiro sensor, soltando-o em seguida. Ao soltá-lo, o movimento será inicialmente acelerado, porém, ao aumentar a velocidade vertical para cima, aumentará também a força de resistência da água, vertical para baixo, resultando num movimento uniforme do protótipo antes que ele atinja o primeiro sensor.

7 - Meça o tempo de percurso do protótipo nos 20 cm, em movimento uniforme, calculando, posteriormente, a velocidade do mesmo;

$$t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s} \qquad v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm/s} \qquad v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$$

8 - Faça um desenho onde apareçam as forças verticais atuantes no protótipo nesta situação, nominando-as e representando corretamente a direção e o sentido das mesmas;



Observação: O peso do protótipo para esta situação é P_2 e o empuxo recebido pelo mesmo quando totalmente submerso é igual a P_1 .

$$P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \qquad E = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

9 - Determine intensidade da força de resistência da água ($F_{\text{água}}$) nesta situação, assim como o sentido da mesma, utilizando-se das condições de equilíbrio dinâmico do protótipo na condição de movimento uniforme para cima, aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

$$F_{\text{água}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \qquad \text{Sentido: } \underline{\hspace{2cm}}$$

10 - Conclusão: _____

ATIVIDADE 11

Movimento Retilíneo Uniforme vertical para baixo de um protótipo

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele afunde na água. O protótipo então será colocado na superfície da água e será solto.

Como o peso do protótipo foi regulado para que o mesmo afundasse, quando ele for solto na superfície, terá uma força resultante vertical para baixo (o peso do protótipo é maior que o empuxo gerado por ele nesta situação), que o fará descer, inicialmente acelerando, aumentando a sua velocidade. Com a velocidade aumentando, aumentará também a força de resistência da água sobre o protótipo, que o fará entrar em movimento vertical uniforme para baixo.

Objetivos:

- Determinar as forças de atuação vertical no movimento do protótipo, uniforme e para baixo;
- Analisar o sentido de atuação das forças verticais no protótipo quando em movimento uniforme vertical para baixo, representando-as corretamente;
- Determinar as condições de equilíbrio dinâmico vertical para baixo do protótipo, em movimento uniforme.

Conteúdo trabalhado:

1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.

3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.

Materiais utilizados:

- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Um cronômetro com dois sensores (início e final da contagem de tempo)
- Um dinamômetro

Desenvolvimento da atividade:

1 - Coloque o protótipo na água e regule a massa do mesmo para que ele afunde lentamente;

2 - Retire o protótipo da água e meça o peso real do mesmo com o dinamômetro;

$$P_R = \text{_____} \text{ N}$$

3 - Coloque o protótipo na água de modo que ele fique totalmente submerso, engatado ao dinamômetro. Meça o peso do mesmo, que será seu peso aparente nesta situação.

$$P_a = \text{_____} \text{ N}$$

4 - Determine a força de empuxo, vertical para cima, através da equação abaixo;

$$E = P_R - P_a \text{ (diferença entre o peso real e o peso aparente)}$$

$$E = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

Observe que o empuxo é uma força vertical para cima.

5 - Determine a intensidade da força vertical para baixo atuante no protótipo quando solto dentro da água.

$F = P_R - E$ (observe que a força vertical para baixo é igual ao peso aparente, e ainda, que o peso real do protótipo é maior que o empuxo)

$$F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \quad \text{Sentido} = \underline{\hspace{2cm}}$$

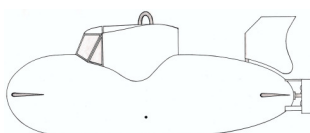
6 - Retire o protótipo da água e instale os dois sensores, colocando o primeiro sensor de modo que o mesmo fique aproximadamente 10 cm abaixo da superfície. Instale o outro sensor abaixo do primeiro, numa distância de 20 cm deste;

7 - Coloque o protótipo na superfície do tanque, soltando-o em seguida. O movimento será inicialmente acelerado, porém, ao aumentar a velocidade vertical para baixo, aumentará também a força de resistência da água, vertical para cima, resultando num movimento uniforme do protótipo antes que ele atinja o primeiro sensor, continuando com este tipo de movimento até o fundo do tanque.

8 - Meça o tempo de percurso do protótipo nos 20 cm, em movimento uniforme, calculando, posteriormente, a velocidade do mesmo;

$$t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s} \quad v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$$

9 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes no protótipo nesta situação, nominando-as e representando corretamente a direção e o sentido das mesmas;



Obs: O peso do protótipo para esta situação é P_1 , portanto:

$$P_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

10 - Determine a intensidade da força de resistência da água, assim como o sentido de atuação da mesma para o protótipo em movimento uniforme para baixo, utilizando-se das condições de equilíbrio dinâmico do mesmo, aplicando as leis de Newton (1ª e 3ª).

$$F_{\text{água}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \quad \text{Sentido: } \underline{\hspace{2cm}}$$

11- Conclusão: _____

ATIVIDADE 12

Submarino: MRU (trabalho, potência e energia)

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele flutue na superfície da água. Será ligado o motor propulsor e o protótipo será solto. O movimento inicial será uniformemente variado, mas após um pequeno intervalo de tempo será um movimento uniforme, devido à ação da força de resistência da água, quando a mesma torna-se igual à força de propulsão. O tempo de percurso, a distância percorrida, a velocidade e a força de propulsão serão determinadas, possibilitando-se calcular o trabalho e a potência mecânica. O movimento do protótipo na água não é um sistema conservativo, pois, além da força aplicada pela hélice, existe a força resistência gerada pelo atrito do protótipo com a água, para a qual há necessidade de energia para ser vencida, mantendo-se o movimento uniforme.

Objetivos:

- Determinar o trabalho necessário ao movimento do protótipo numa determinada velocidade;
- Determinar a energia necessária ao movimento do protótipo numa determinada velocidade;
- Determinar a potência necessária ao movimento do protótipo numa determinada velocidade.

Conteúdo trabalhado:

- 1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.
- 3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.
- Trabalho mecânico, energia e potência mecânica.

Materiais utilizados:

- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Um cronômetro com dois sensores (início e final da contagem de tempo)
- Pesos de chumbo para equilíbrio de forças

Desenvolvimento da atividade.

- 1 - Instale os dois sensores no tanque, colocando o primeiro sensor cerca de 40 cm da extremidade oposta a das roldanas, e o outro sensor à 50 cm do primeiro;
- 2 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;
- 3 - Ligue o motor propulsor e solte o protótipo num ponto anterior ao primeiro sensor;
- 4 - Meça o tempo de percurso do protótipo nos 50 cm, cujo movimento é uniforme e determine a velocidade do mesmo;

$t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$ $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$

5 - Amarre o fio na parte traseira do protótipo, passe-o pela roldana e suspenda pesos na outra extremidade. Ligue o motor e regule os pesos suspensos (P) até que o protótipo fique em repouso, determinando desta maneira a força exercida pela hélice (F) para esta frequência de giro;

$$P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \qquad F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

6 - De posse da distância percorrida, do tempo de percurso e da força aplicada pela hélice, determine o trabalho, a energia mecânica utilizada no trajeto e a potência mecânica necessária para o movimento do protótipo com velocidade constante utilizada neste percurso.

$$\tau = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J} \qquad \square = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J} \qquad \omega = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$$

Conclusão: _____

ATIVIDADE 13

EMPUXO

Um protótipo de submarino será colocado na água por duas vezes, sendo que na primeira vez ele ficará flutuando na superfície e na segunda ele ficará em repouso totalmente submerso.

Objetivos: - Comprovar que o peso do protótipo é igual ao peso da água deslocada por ele.
 - Possibilitar ao aluno compreender que o empuxo recebido por um corpo imerso em um fluido é igual ao peso do fluido deslocado por ele na condição de equilíbrio estático.

Conteúdos trabalhados: 1ª e 3ª leis de Newton e hidrostática (empuxo)

Materiais utilizados: - Um tanque de água pequeno
 - Um protótipo de submarino
 - Uma balança
 - Um dinamômetro
 - Uma régua
 - Pedacos de chumbo para lastro do protótipo

Desenvolvimento da atividade:

1º Caso: O protótipo ficará com aproximadamente 60% do casco submerso.
 Para esta situação, determine:

Nível inicial da água = _____ cm

Nível final da água = _____ cm

Área da base do tanque = _____ cm²

Volume de água deslocada pelo protótipo: $V_1 = \text{_____ cm}^3$

O volume de água de um paralelepípedo é o produto das dimensões, que será utilizado para determinar o volume de líquido deslocado: $V = a.b.c$

Massa de água deslocada pelo protótipo: $m_1 = \text{_____ g}$ (determine através de cálculos)

Considere a massa específica da água de 1 g/cm³

Peso da água deslocada = _____ N

Peso do protótipo = _____ N (deverá ser medido com o dinamômetro)

Empuxo, utilizando-se da equação $E = \mu_L \cdot V_L \cdot g$

Onde: μ_L = massa específica da água

V_L = volume de fluido deslocado

g = aceleração gravitacional (utilize 10 m/s²)

2º Caso: O protótipo ficará totalmente submerso e em repouso. Para esta situação, determine:

Nível inicial da água = _____ cm (utilize o valor do primeiro caso)

Nível final da água = _____ cm

Área da base do tanque = _____ cm² (utilize o valor do primeiro caso)

Volume de água deslocada pelo protótipo: V_2 = _____ cm³

Massa de água deslocada pelo protótipo (m_2) = _____ g (determine através de cálculos)

Peso da água deslocada = _____ N

Empuxo, utilizando-se da equação $E = \mu_L \cdot V_L \cdot g$ (utilize $g = 10 \text{ m/s}^2$)

O que se pode concluir ao observar os valores dos pesos, do protótipo e da água deslocada por ele, nos dois casos de equilíbrio acima?

ATIVIDADE 14

Rendimento de geradores elétricos

Será inicialmente medida a tensão (em aberto) da bateria que alimentará o motor elétrico do protótipo. Após este procedimento o protótipo será colocado na água, regulando-se a sua massa para que ele flutue na superfície. Será então ligado o motor propulsor e, com o protótipo em repouso, será medida a tensão e a corrente de alimentação do motor, possibilitando-se calcular a potência elétrica e o rendimento da bateria (gerador) para esta situação.

Objetivos:

- Determinar a potência total da bateria;
- Determinar a potência elétrica fornecida pela bateria ao motor;
- Determinar o rendimento da bateria.

Conteúdo trabalhado:

- 1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.
- 3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.
- Gerador elétrico
- Rendimento de máquinas elétricas

Materiais utilizados:

- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Voltímetro
- Amperímetro
- Pesos de chumbo para equilíbrio de forças

Desenvolvimento da atividade:

- 1 – Com o protótipo fora da água e o motor desligado, meça a tensão da bateria (gerador);

$$E = \text{_____} \text{ V}$$

- 2 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;

- 3 - Ligue o motor propulsor e, com o protótipo em repouso, meça a tensão e a corrente de alimentação do motor. (as condições de equilíbrio do protótipo em repouso são as mesmas condições de equilíbrio do protótipo em movimento uniforme)

$$U = \text{_____} \text{ V} \quad i = \text{_____} \text{ A}$$

- 6 - Para a bateria (gerador) determine a potência elétrica total (P_t) e a potência elétrica (P_u) fornecida ao motor nesta situação;

$$P_t = \text{_____} \text{ W} \quad P_u = \text{_____} \text{ W}$$

7 - Determine o rendimento da bateria;

$$\eta = \text{_____} \% \quad \eta = P_u/P_t$$

8 – Conclusão: _____

ATIVIDADE 15

Trabalho elétrico, potência elétrica e rendimento de receptores elétricos

De um protótipo de submarino será regulada a massa para que ele flutue na superfície da água. Será ligado o motor propulsor e o protótipo será solto. O movimento inicial será uniformemente variado, mas após um pequeno intervalo de tempo, será um movimento uniforme devido à ação da força de resistência da água, a qual se tornará igual à força de propulsão. A distância percorrida, a velocidade e a força de propulsão serão determinadas, possibilitando-se calcular o trabalho e a potência mecânica exigida para tal deslocamento. Além disto, a tensão e a corrente elétrica do motor serão também determinadas, possibilitando-se calcular a potência elétrica do motor. O sistema não é conservativo, pois existe a força de atrito do protótipo com a água.

Objetivos:

- Determinar a potência mecânica necessária ao movimento do protótipo numa determinada velocidade;
- Determinar a potência elétrica fornecida ao motor para o movimento do protótipo para a mesma velocidade;
- Determinar o rendimento do motor propulsor nesta situação.

Conteúdo trabalhado:

- 1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.
- 3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo, e sentido contrário.
- Receptor elétrico.
- Rendimento de máquinas.

Materiais utilizados: - Um tanque de água grande

- Um protótipo de submarino
- Um cronômetro com dois sensores (início e final da contagem de tempo)
- Voltímetro
- Amperímetro
- Pesos de chumbo para equilíbrio de forças

Desenvolvimento da atividade:

- 1 - Instale os dois sensores no tanque, colocando o primeiro sensor cerca de 40 cm da extremidade oposta à das roldanas, e o outro sensor à 50 cm do primeiro;
- 2 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;
- 3 - Ligue o motor propulsor e solte o protótipo num ponto anterior ao primeiro sensor, Afastado, mais afastado o quanto possível deste;
- 4 - Meça o tempo de percurso do protótipo nos 50 cm movimento uniforme e determine a velocidade do mesmo.

$t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$ $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$

5 - Amarre o fio ao protótipo e suspenda os corpos de chumbo na outra extremidade. Ligue o motor e regule os pesos suspensos até que o protótipo fique em repouso, determinando desta maneira a força exercida pela hélice;

$$P = \text{_____} \text{ N} \quad F = \text{_____} \text{ N}$$

6 - De posse da distância percorrida, do tempo e da força aplicada pela hélice, determine a potência mecânica necessária para o movimento do protótipo com velocidade constante neste percurso.

$$P_u = \text{_____} \text{ W}$$

7 - Com o motor ligado e o protótipo dentro da água, determine a tensão e a corrente que alimenta o motor propulsor nesta situação.

$$U' = \text{_____} \text{ V} \quad i = \text{_____} \text{ A}$$

8 - Determine a potência elétrica fornecida ao motor.

$$P_t = \text{_____} \text{ W}$$

9 - Determine com o multímetro a resistência elétrica do enrolamento do motor propulsor.

$$r' = \text{_____} \Omega$$

10 - Determine a força contra eletromotriz do motor (E').

$$E' = \text{_____} \text{ V} \quad E' = U' - r' \cdot i$$

11 - Determine a potência mecânica fornecida pelo motor para realizar o movimento uniforme.

$$P_u = \text{_____} \text{ W} \quad P_u = E' \cdot i$$

12 - Determine o rendimento do motor propulsor nesta situação.

$$\eta = \text{_____} \% \quad \eta = P_u / P_t$$

10 – Conclusão: _____

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3., 2000, Lisboa, (Peniche). **Atas...** Lisboa, 2000. p. 33-45.

_____. (Org.) **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud: o ensino de ciências e a investigação nesta área**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2004.

_____. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

APÊNDICES

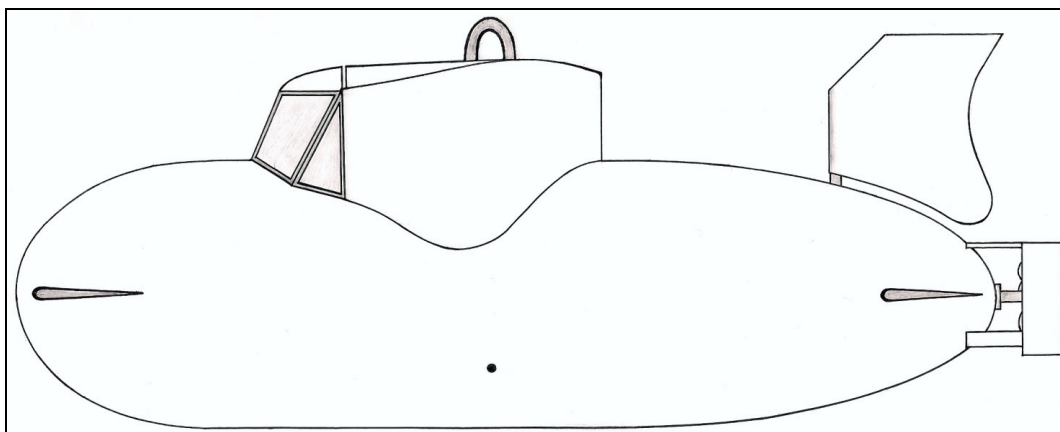


Figura 1 - Desenho da vista lateral do protótipo
Fonte: Autoria própria

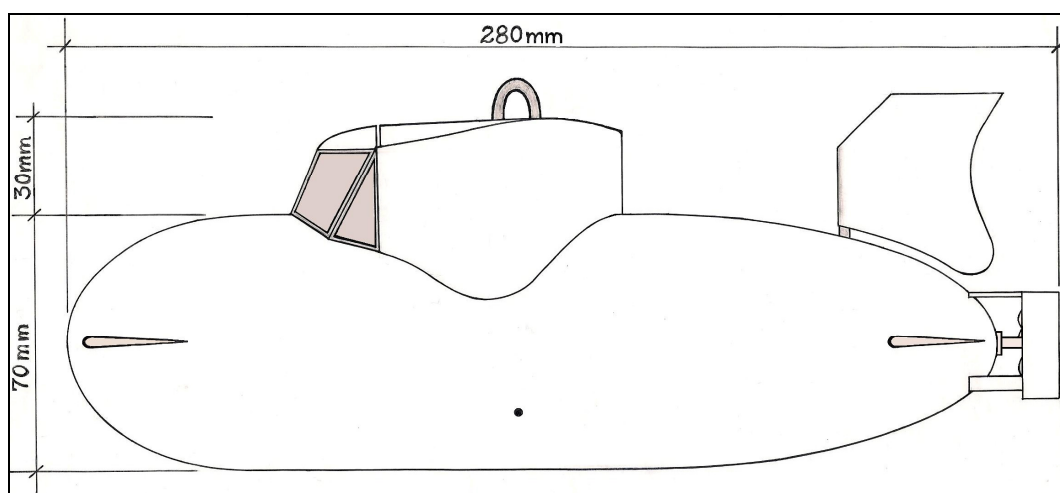


Figura 2 - Desenho da vista lateral do protótipo com dimensões
Fonte: Autoria própria

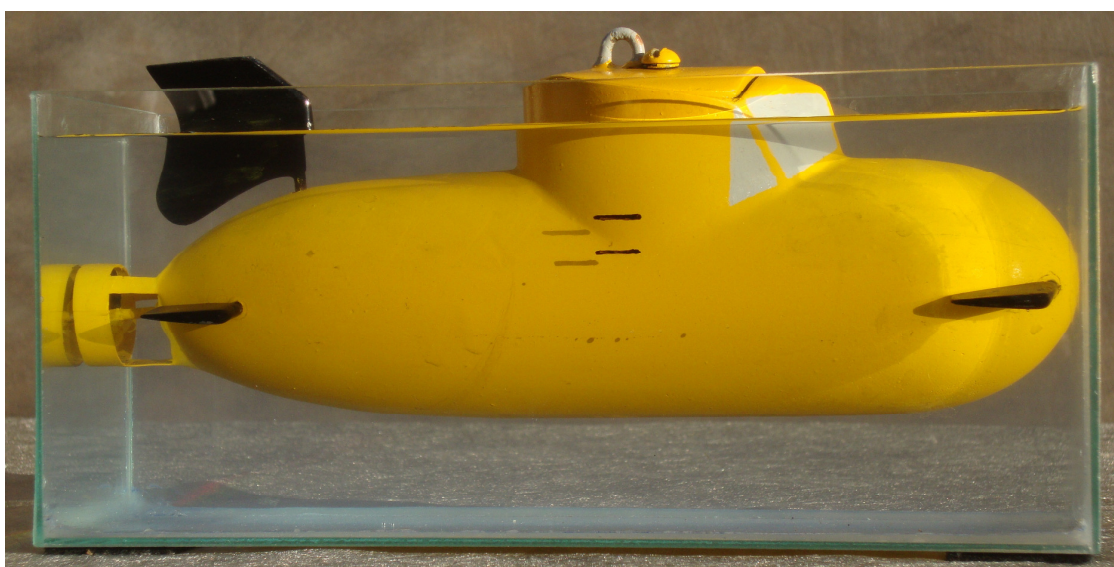


Figura 3 - Vista lateral do protótipo flutuando na superfície da água
Fonte: Autoria própria

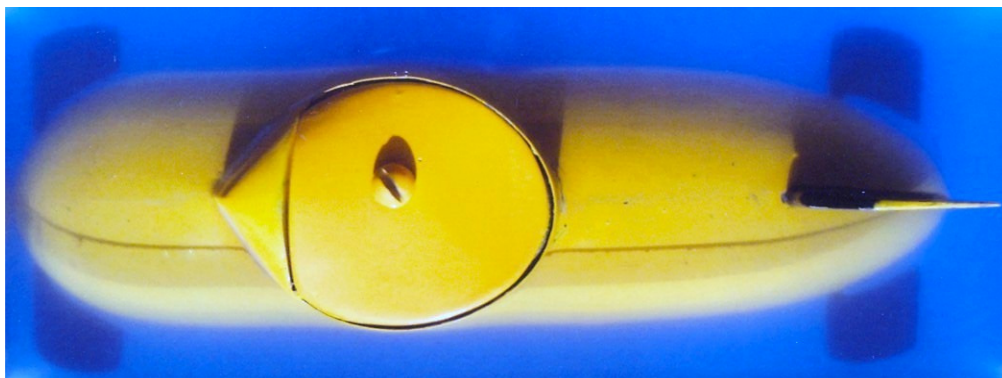


Figura 4 - Vista superior do protótipo flutuando na superfície da água
Fonte: Autoria própria



Figura 5 - Medição do peso do protótipo utilizando-se um dinamômetro com 10 N de capacidade
Fonte: Autoria própria

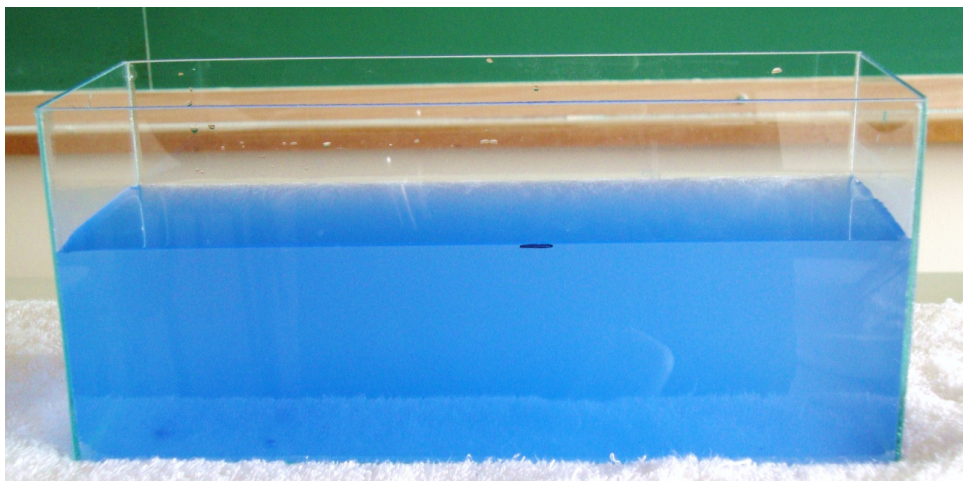


Figura 6 - Tanque pequeno contendo água com corante azul num determinado nível
Fonte: Autoria própria

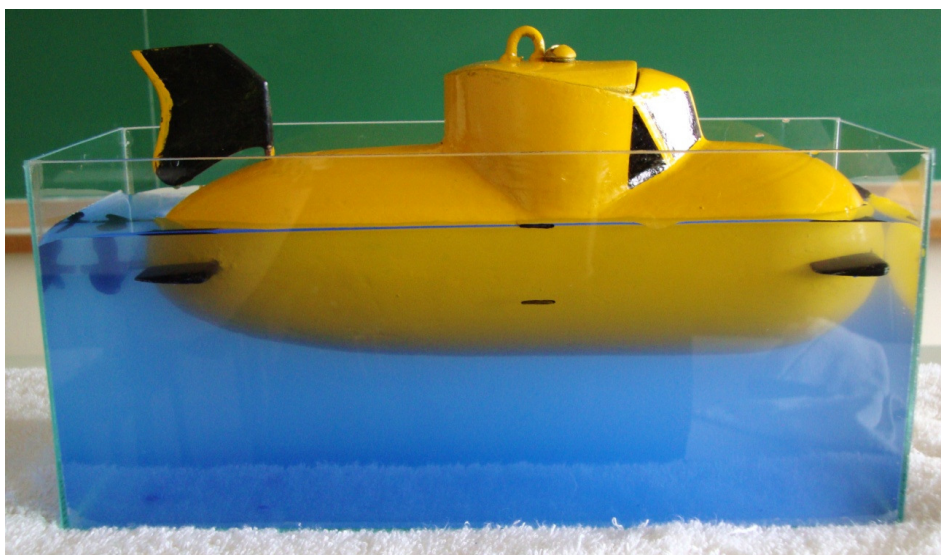


Figura 7 - Tanque pequeno com o protótipo flutuando na superfície da água, com pouco mais da metade do casco abaixo da superfície
Fonte: Autoria própria



Figura 8 - Tanque pequeno com o protótipo flutuando na superfície, somente com pequena parte do casco fora da água
Fonte: Autoria própria

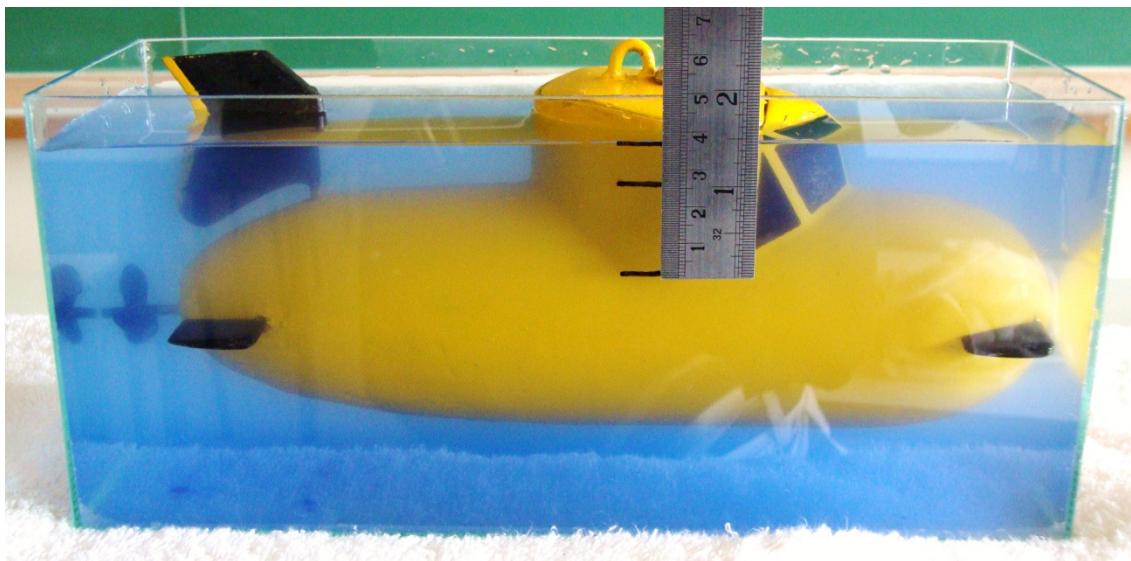


Figura 9 - Tanque pequeno com o protótipo flutuando ainda na superfície, com pequena parte do casco fora da água e medição do deslocamento do nível da água
Fonte: Autoria própria

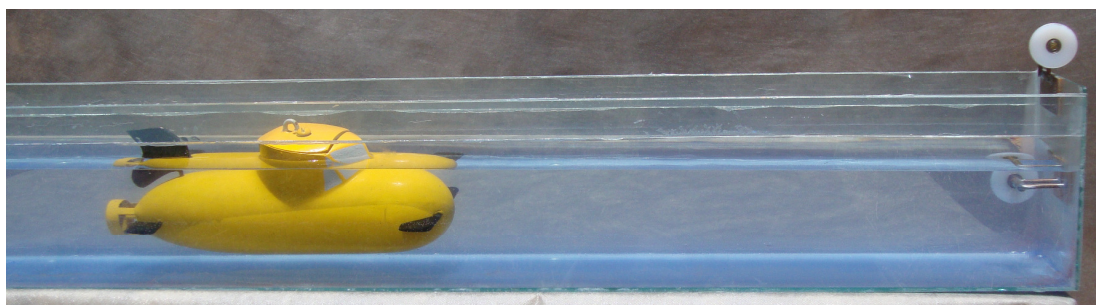


Figura 10 - Tanque grande com duas roldanas e o protótipo flutuando na superfície
Fonte: Autoria própria

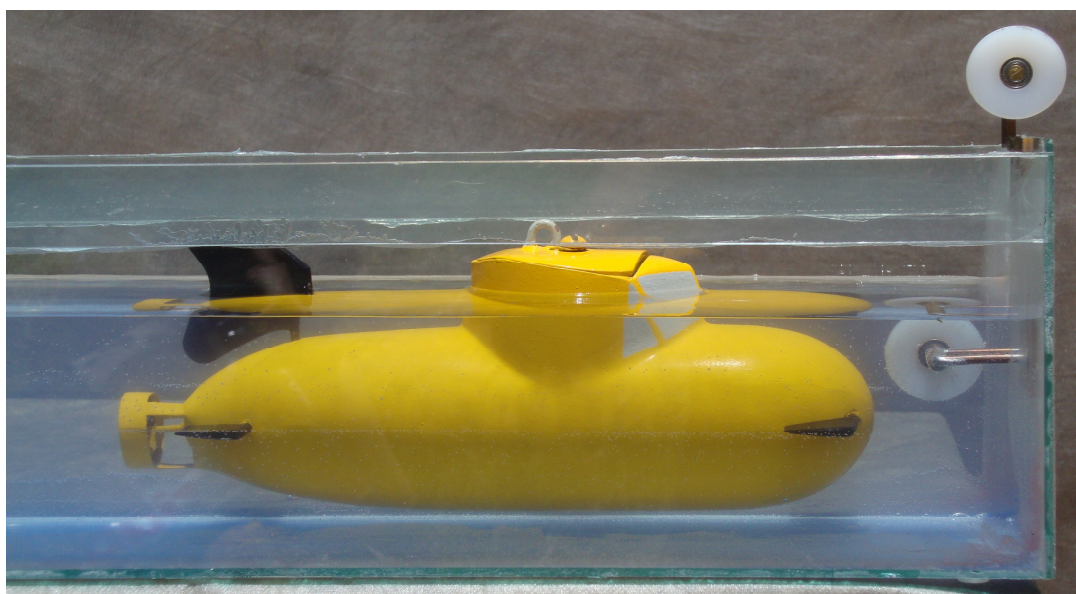


Figura 11 - Tanque grande com duas roldanas e o protótipo flutuando na superfície
Fonte: Autoria própria

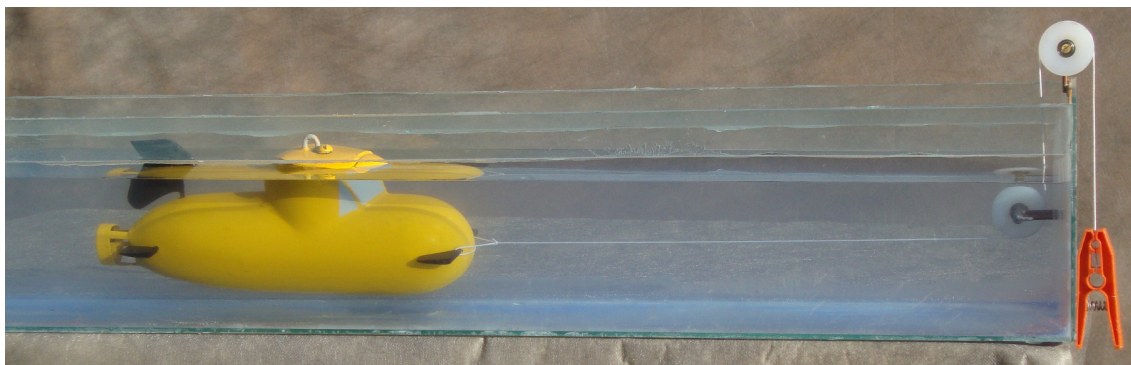


Figura 12 - Tanque grande com o protótipo em movimento uniforme, sendo puxado por um fio, cuja força aplicada é o peso do grampo suspenso
Fonte: Autoria própria

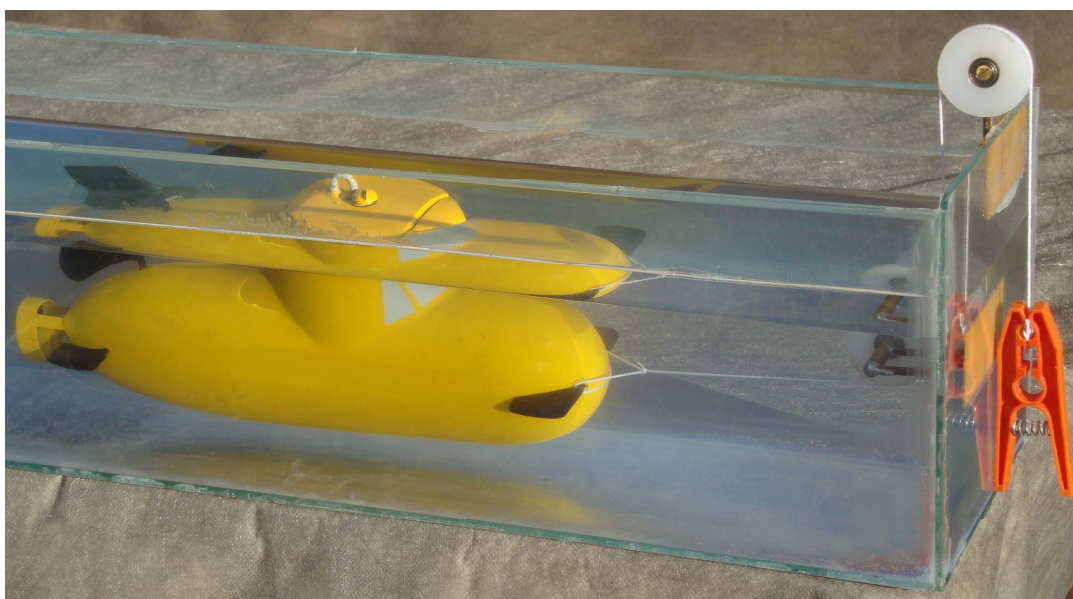


Figura 13 - Tanque grande com duas roldanas instaladas, mostrando um fio que passa pelas mesmas e puxa o protótipo, tendo um grampo afixado na outra extremidade
Fonte: Autoria própria



Figura 14 - Protótipo - vista em perspectiva
Fonte: Autoria própria



Figura 15 - Proposta de utilização de uma garrafa PET pequena para substituir o protótipo, contendo areia e água

Fonte: Autoria própria



Figura 16 - Proposta de utilização de uma garrafa PET para substituir o protótipo
Fonte: Autoria própria

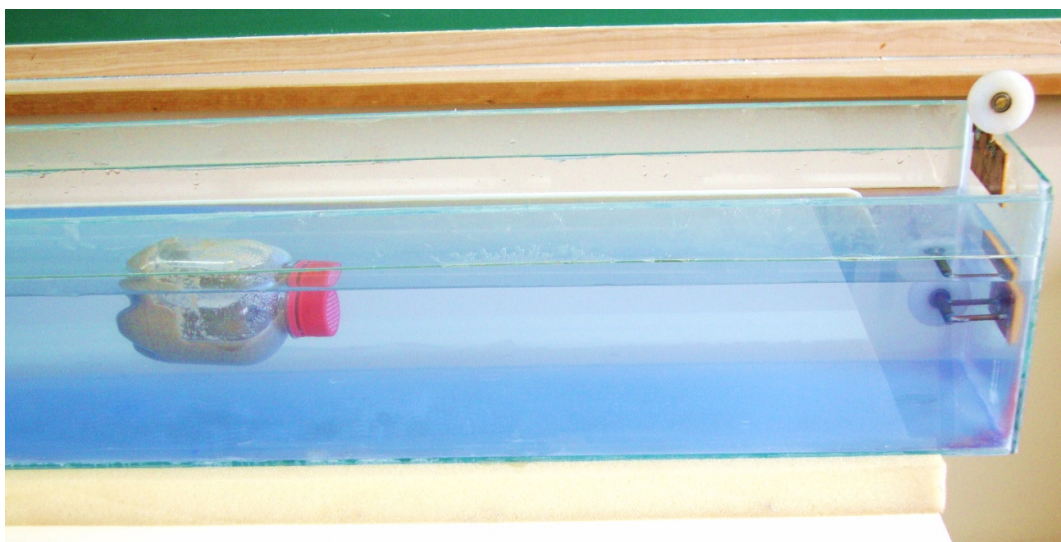


Figura 17 - Tanque grande com o protótipo PET flutuando na superfície da água
Fonte: Autoria própria



Figura 18 - Tanque grande com o detalhe do protótipo PET flutuando na superfície
Fonte: Autoria própria

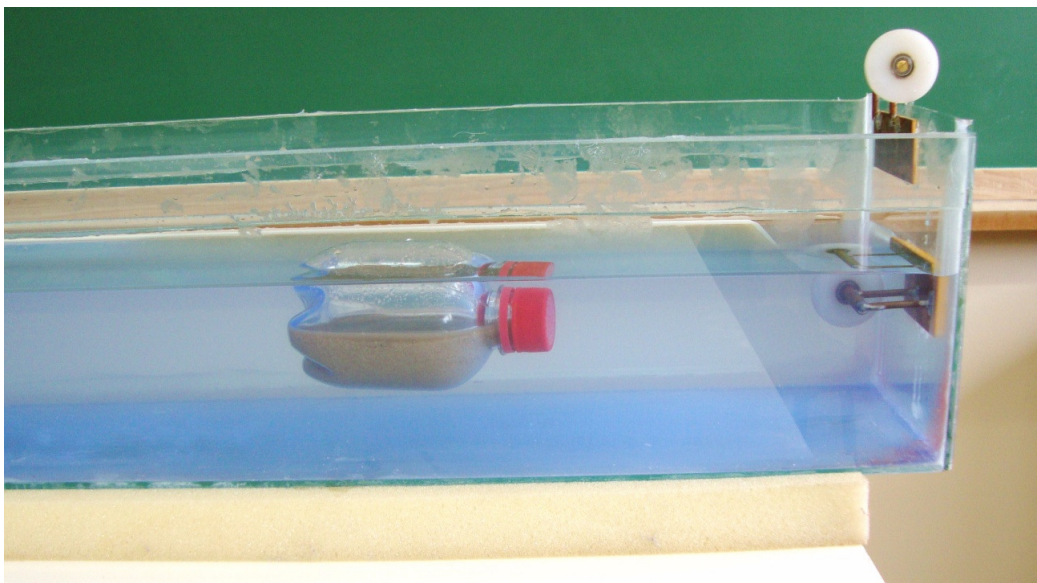


Figura 19 - Tanque grande com as roldanas instaladas e o protótipo PET flutuando na superfície
Fonte: Autoria própria

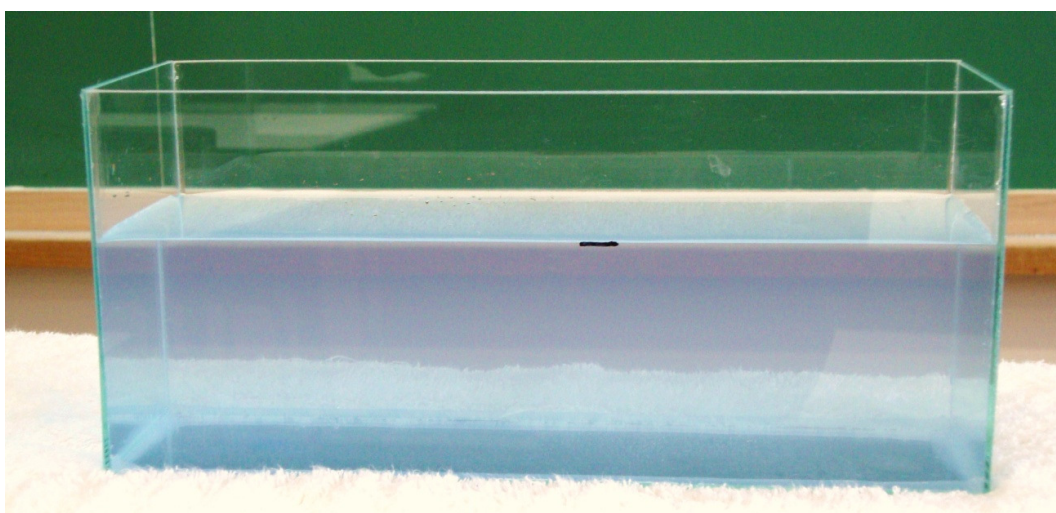


Figura 20 - Tanque pequeno com água num determinado nível
Fonte: Autoria própria

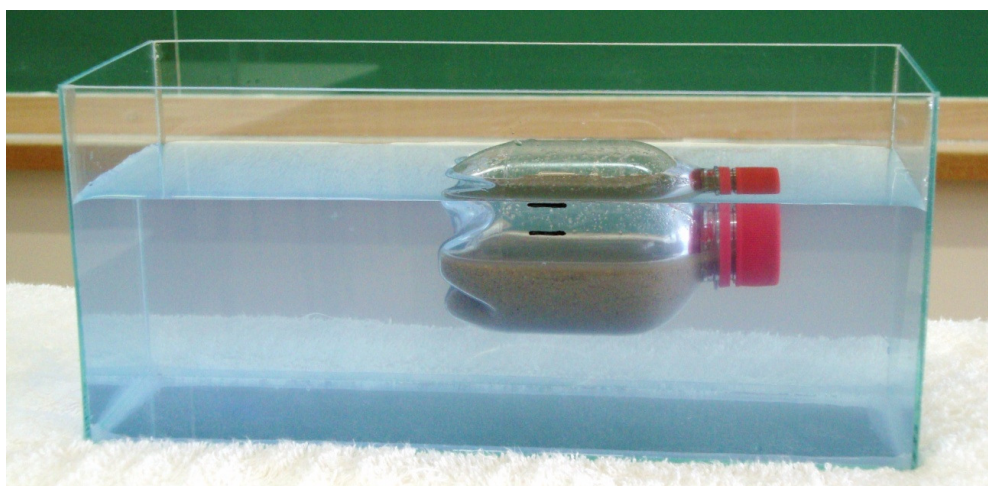


Figura 21 - Tanque pequeno com o protótipo PET flutuando na superfície da água
Fonte: Autoria própria

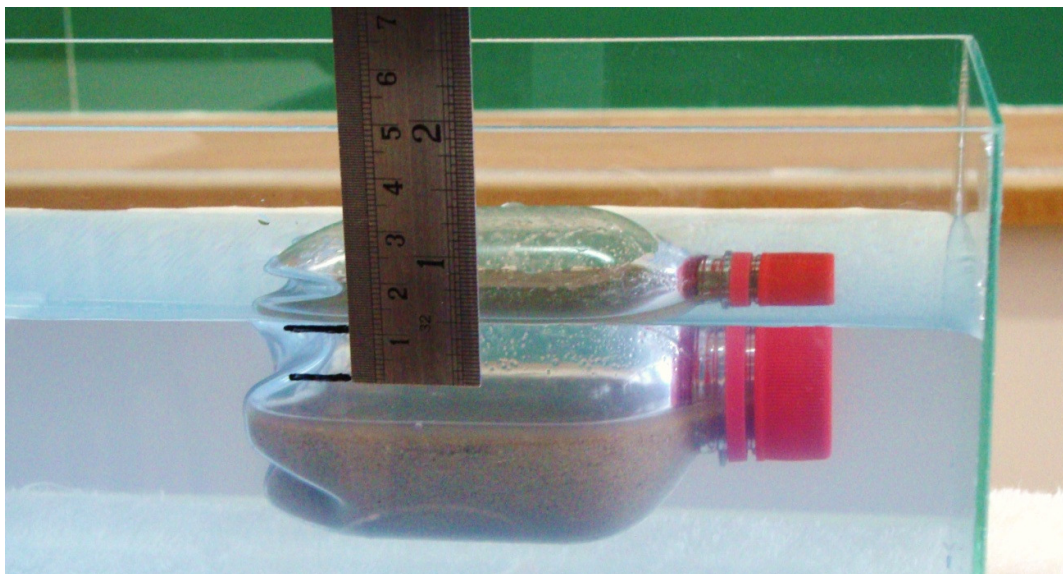


Figura 22 - Medição do deslocamento do nível de água com o protótipo PET flutuando na superfície
Fonte: Autoria própria

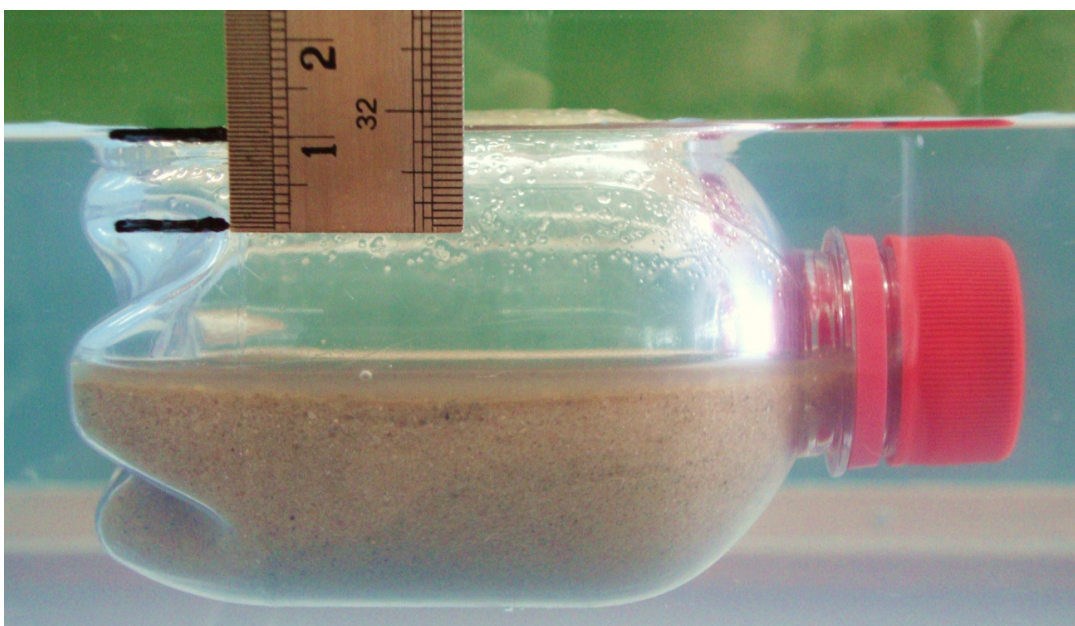


Figura 23 - Detalhe da medição do deslocamento do nível de água com o protótipo PET flutuando na superfície da água
Fonte: Autoria própria