



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Carlos Alberto Steinmetz

**SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS SIGNIFICATIVAS PARA O ENSINO DO PRINCÍPIO DE  
ARQUIMEDES INTEGRANDO TEORIA E EXPERIMENTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Dakir Larara Machado da Silva

Orientador

Prof. Dr. Ederson Staudt

Coorientador

Tramandaí/RS

Outubro 2018

Carlos Alberto Steinmetz

**SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS SIGNIFICATIVAS PARA O ENSINO DO PRINCÍPIO DE  
ARQUIMEDES INTEGRANDO TEORIA E EXPERIMENTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 15 de outubro de 2018.

Prof. Dr. Dakir Larara Machado da Silva – MNPEF-UFRGS/CLN – Presidente da Banca

Prof. Dra. Elizandra Martinazzi – IFRS-RESTINGA

Prof. Dra. Karen Cavalcanti Tauceda – MNPEF-UFRGS/CLN

Prof. Dra. Silvana Da Dalt – MNPEF-UFRGS/CLN

#### CIP - Catalogação na Publicação

Steinmetz, Carlos Alberto  
Sequências didáticas significativas para o ensino  
do Princípio de Arquimedes integrando teoria e  
experimento / Carlos Alberto Steinmetz. -- 2018.  
101 f.  
Orientador: Dakir Larara Machado da Silva.

Dissertação (Mestrado Profissional) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Física, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Sequências didáticas. 2. Aprendizagem  
significativa. 3. Princípio de Arquimedes. 4.  
Integração teoria-experimento. I. Silva, Dakir Larara  
Machado da, orient. II. Título.

À minha esposa e meus filhos, que compreenderam os momentos de ausência e incondicionalmente me apoiaram em todos os passos desta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que compreenderam meus momentos de ausência em função de todo o esforço e comprometimento que o Mestrado exige, em especial a minha esposa, Elisângela Guimarães da Silva Steinmetz, que em muitos momentos cuidou de nossos filhos, Felipe da Silva Steinmetz e Laura da Silva Steinmetz, com muito amor e dedicação, sempre tentando suprir a ausência do pai.

Agradeço aos meus colegas do Mestrado por toda a ajuda e companheirismo nos momentos difíceis e também pelas boas risadas nos momentos de alegria entre uma aula e outra, entre eles, os colegas Alencar Teixeira dos Santos, Alexandre Gatelli Bastos, Augusto Cesar Gessi Caneppele, Cláudia Fraga Germano, Jeferson Albino Fleck, Sergio Moacir Job Lima e Thiago Nunes Cestari.

Agradeço aos professores e funcionários do Campus Litoral Norte da UFRGS, que sempre estiveram muito presentes durante o curso e sempre que preciso, estenderam a mão para dar auxílio. Um agradecimento especial para o Prof. Dr. Dakir Larara Machado da Silva e Prof. Dr. Ederson Staudt que, além de excelentes orientadores, demonstraram-se amigos durante esses dois anos de caminhada.

Um agradecimento especial a Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela oportunidade do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, que de acordo com sua flexibilidade em termos de horários, possibilitou que pudesse ingressar no programa.

Agradeço à direção do Colégio Pastor Dohms, unidade Capão da Canoa, pela disponibilização do espaço para a aplicação do Produto Educacional que foi desenvolvido, o qual essa dissertação aborda.

A todos que, de uma forma ou outra, colaboraram para o andamento deste produto educacional e por conseguinte, desta dissertação.

## RESUMO

As sequências didáticas constituem-se de uma metodologia de ensino-aprendizagem em que uma sucessão de procedimentos pré-estabelecidos tende a desenvolver uma linha de raciocínio nas estruturas cognitivas do estudante de forma a construir um aprendizado significativo. Para compreender como ocorre esse aprendizado é necessária uma análise sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, onde, através de ferramentas que se constituem de organizadores prévios, aquele que ensina, o professor, consegue construir o conhecimento junto ao estudante não ignorando seus conhecimentos prévios, ao contrário, os utiliza como alicerce para a ampliação ou construção de novos conceitos. Ao fazer uma análise, em como os livros didáticos ensinam o Princípio de Arquimedes, de forma mecânica, raramente propondo práticas experimentais para os estudantes e acreditando no caráter significativo que as atividades experimentais têm, é proposto neste trabalho duas sequências didáticas experimentais que visam o desenvolvimento de forma significativa dos conceitos relacionados a este princípio, onde o estudante não é um mero espectador, ele é agente do processo de ensino-aprendizagem. Para a aplicação das sequências propostas, que integram teoria e experimento, são necessários três momentos distintos, onde primeiramente é realizado um período para e aplicação de organizadores prévios, que buscam organizar os conhecimentos internos que os estudantes já têm em suas estruturas, em seguida, são desenvolvidas as duas atividades experimentais para que os estudantes percebam a relação entre a força de empuxo e o peso do fluido deslocado e posteriormente, através desta relação, a construção de uma equação que possibilita o cálculo desta força e as variáveis das quais ela depende. A análise sobre o nível do conhecimento construído junto aos estudantes é feita através da comparação das respostas dadas por eles no questionário aplicado como organizador prévio e outro questionário aplicado após a execução das duas sequências didáticas, com questões que abordavam os mesmos princípios, mas de forma diferente, ficando evidente um desempenho satisfatório.

**Palavras-chave:** Sequências didáticas. Aprendizagem significativa. Princípio de Arquimedes. Integração teoria-experimento.

## ABSTRACT

The didactic sequences consist of a teaching-learning methodology in which a succession of pre-established procedures tends to develop a line of reasoning in the cognitive structures of the student so as to construct meaningful learning. In order to understand how this learning takes place, it is necessary to analyze the Ausubel Theory of Significant Learning, in which, through tools that are made up of previous planners, the one who teaches, the teacher, manages to construct the knowledge with the student, not lacking to notice his previous knowledge, on the contrary, uses them as a foundation for the expansion or construction of new concepts. When analyzing the approach of textbooks on the Archimedean Principle, in mechanic terms, rarely proposing experimental practices for students and believing in the significant character that the experimental activities have, this work posits two experimental didactic sequences that aim at the development of the concepts related to this principle, where the student is not a simple spectator, he is an agent of the teaching-learning process. For the application of the proposed sequences, which integrate theory and experiment, three distinct moments are necessary, where firstly a period for the application of previous organizers is carried out, which seek to organize the internal knowledge that students already have in their structures, hereupon, two experimental activities are developed so that the students are able to see the relation between the force of thrust and the weight of the fluid displaced, and eventually, through this relation, the construction of an equation that makes possible the calculation of this force and the variables on which it depends. The analysis of the level of knowledge built with the students is done by comparing the answers given by them in a questionnaire applied as previous planner and another questionnaire applied after the accomplishment of the two didactic sequences, with questions that approached the same principles, but in a different way, becoming evident, a satisfactory performance.

**Keywords:** Didactic sequences. Meaningful learning. Archimedes Principle. Theory-experiment integration.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Introdução ao conceito de força de empuxo no livro Física: História & Cotidiano .....	24
Figura 2	– Demonstração do cálculo do módulo da força de empuxo no livro Física: História & Cotidiano. ....	25
Figura 3	– Como o livro Física aborda o desenvolvimento do Princípio de Arquimedes .....	26
Figura 4	– Como o livro Física Básica aborda o desenvolvimento do Princípio de Arquimedes .....	28
Figura 5	– Como o livro Tópicos de Física demonstra a equivalência entre o volume do corpo e o volume de líquido deslocado .....	29
Figura 6	– Como o livro Tópicos de Física demonstra uma condição de equilíbrio horizontal.....	30
Figura 7	– Como o livro Tópicos de Física demonstra o rompimento do equilíbrio horizontal quando um corpo está imerso num líquido .....	30
Figura 8	– Como o livro Tópicos de Física explica a equivalência entre a força de empuxo e um contrapeso .....	31
Figura 9	– Fluxograma sobre as atividades experimentais como ferramentas de ensino-aprendizagem.....	38
Figura 10	– Balança de braços iguais em equilíbrio estático horizontal no ar .....	51
Figura 11	– Sistema em desequilíbrio horizontal na água.....	52
Figura 12	– Fluxograma sobre procedimentos importantes que devem ser adotados antes da aplicação das sequências didáticas.....	53
Figura 13	– Materiais utilizados na sequência I.....	55
Figura 14	– Dinamômetro descalibrado .....	56
Figura 15	– Dinamômetro calibrado .....	57
Figura 16	– Balança calibrada.....	58
Figura 17	– Massa do pires descontada (depois da tara) .....	58
Figura 18	– Dinamômetro fixado no suporte e calibrado.....	59
Figura 19	– Peso registrado no dinamômetro .....	60
Figura 20	– Sistema montado e posicionado .....	61
Figura 21	– Corpo submerso na água .....	62
Figura 22	– Nova leitura do dinamômetro .....	63

Figura 23	– Massa de água derramada .....	66
Figura 24	– Dados obtidos pelos grupos para a força de empuxo e o peso da água deslocada .....	67
Figura 25	– Materiais utilizados na sequência II.....	73
Figura 26	– Dinamômetro descalibrado .....	74
Figura 27	– Dinamômetro calibrado .....	74
Figura 28	– Dinamômetro fixado no suporte e calibrado .....	75
Figura 29	– Peso registrado no dinamômetro .....	75
Figura 30	– Nível ideal de água.....	76
Figura 31	– Corpo entrando na água .....	78
Figura 32	– Nova leitura do dinamômetro .....	79
Figura 33	– Dados obtidos para a força de empuxo e o peso do fluido deslocado na segunda sequência didática.....	82

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>A Aprendizagem Significativa .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Organizadores Prévios.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Princípio de Arquimedes nos livros didáticos .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>As Atividades Experimentais como Ferramentas de Ensino e Aprendizagem .....</b>	<b>32</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>A Criação do Produto Educacional .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Aplicação do Produto Educacional .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Sobre a Aplicação das Sequências Propostas.....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS PARA A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Organização dos Grupos de Alunos .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Materiais Utilizados e Organização do Espaço .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3</b>	<b>Aplicação de Organizadores Prévios .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Questionário .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Experimento desencadeador de questionamentos.....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>ROTEIRO E APLICAÇÃO DA 1ª SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>54</b>
<b>5.1</b>	<b>Conferência dos Materiais Utilizados.....</b>	<b>54</b>
<b>5.2</b>	<b>Calibragem do Dinamômetro.....</b>	<b>55</b>
<b>5.3</b>	<b>Calibragem e Tara do Pires .....</b>	<b>57</b>
<b>5.4</b>	<b>Medindo o Peso do Corpo .....</b>	<b>58</b>
<b>5.5</b>	<b>Posicionamento e Enchimento do Recipiente .....</b>	<b>61</b>
<b>5.6</b>	<b>Submergindo o Corpo na Água e Fazendo a Nova Leitura do Dinamômetro .....</b>	<b>62</b>
<b>5.7</b>	<b>Discussão Sobre a Nova Leitura do Dinamômetro.....</b>	<b>64</b>
<b>5.8</b>	<b>Medindo a Massa da Água Derramada no Pires .....</b>	<b>65</b>
<b>5.9</b>	<b>Medindo o Peso da Água Derramada .....</b>	<b>66</b>
<b>5.10</b>	<b>Estabelecendo Relações e Conclusão dos Estudantes.....</b>	<b>67</b>

5.11	Análise de Possíveis Erros.....	69
5.12	Relatos da Implementação .....	70
6	<b>ROTEIRO E APLICAÇÃO DA 2ª SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>72</b>
6.1	Conferência dos Materiais Utilizados .....	72
6.2	Calibragem do Dinamômetro.....	73
6.3	Medindo o Módulo do Peso do Corpo .....	74
6.4	Posicionamento do Recipiente com Água .....	76
6.5	Submergindo o Corpo.....	77
6.6	Anotando a Nova Leitura do Dinamômetro.....	78
6.7	Módulo do Peso da Água Deslocada .....	80
6.8	Estabelecendo Relações.....	81
6.9	Análise dos Possíveis Erros.....	82
6.10	Relatos da Implementação .....	83
7	<b>CONSTRUÇÃO DA EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DA FORÇA DE EMPUXO .....</b>	<b>85</b>
8	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>87</b>
9	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>95</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE A – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA I ....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE B – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA II .</b>	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>103</b>
	<b>APÊNDICE D – QUESTÕES APLICADAS APÓS AS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS .....</b>	<b>104</b>
10	<b>APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>107</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino-aprendizagem dos conceitos de Física no Ensino Fundamental e Médio constitui-se num grande desafio para os professores deste componente curricular, uma vez que esta disciplina é tida por muitos estudantes como difícil, pois além de utilizar uma quantidade expressiva de fórmulas e operações matemáticas que não lhes parecem fazer sentido, também precisam ler e compreender os enunciados, o que nem sempre se evidencia (REZENDE; OSTERMANN,2005).

Além disso, como afirmam os autores supramencionados, não há um significativo interesse dos estudantes com a própria educação, tampouco, com essa importante área do conhecimento, pois muitos não enxergam no processo educacional perspectivas para o futuro.

Dentro desse contexto, de acordo com Moreira (2000), soma-se o desinteresse de muitos estudantes justificados pelo fato de que a grande maioria deles não irá estudar Física em etapas posteriores, pois entendem que em sua futura graduação não haverá conceitos de Física dos quais devem ter uma boa base para posteriormente aprofundá-los. Por essa razão, não tem sentido ensinar-lhes Física como se fossem físicos em potencial. Eles serão, sobretudo, cidadãos e, como tal, a Física que lhes for ensinada deve servir para a vida, possibilitando-lhes melhor compreensão do mundo contemporâneo.

Desta maneira, é necessário romper com essas ideias supramencionadas, justamente para mudarmos essa realidade. Nesse sentido, os professores que lecionam esse componente curricular, além de imbuídos de boa vontade e tempo para criar e planejar aulas, precisam ser criativos em suas práticas pedagógicas, com intuito de tornarem essa temática mais atraente e significativa aos seus estudantes, como afirmam Rezende e Ostermann (2005), onde o professor pode ensinar por projetos, relacionando os conceitos com o cotidiano do estudante e com aplicações tecnológicas por ele vivenciadas.

A aprendizagem é muito mais significativa, à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento do estudante e quando adquire significado para ele, sobretudo a partir da relação com seu conhecimento prévio, pois, como defendem Rezende e Ostermann (2005), onde o levantamento das concepções prévias dos estudantes se caracteriza como estratégia para a

construção do conhecimento. Assim, quando o processo de aprendizagem se dá de forma tradicional, sem a atribuição de significado para o estudante, ela se torna mecânica e repetitiva, com grandes chances desse conhecimento não ser bem assimilado. Nesse contexto, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apud Moreira (2013) enfatizam que os conceitos que já adquirimos, os esquemas de assimilação que já construímos, nossos construtos pessoais, enfim, nossa estrutura cognitiva prévia é o fator isolado que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.

Portanto, apontar práticas pedagógicas que incluam metodologias que proporcionam métodos alternativos de ensino-aprendizagem dos conteúdos da Física, levando em consideração o conhecimento prévio, é um dos caminhos para que possamos colocar em curso essas mudanças, sobretudo na percepção e entendimento que os estudantes têm em relação a essa área de conhecimento.

Assim, quando entendemos que uma educação de qualidade deve proporcionar, além do crescimento individual, condições de construção de conhecimentos que auxiliem os estudantes nas diversas situações cotidianas, resgatamos Mizukami (1986). O autor ressalta que a educação tem como finalidade primeira a criação de condições que facilitem a aprendizagem dos estudantes, de forma que seja possível seu desenvolvimento, tanto intelectual como emocional, mas também, possibilitar a criação de oportunidades nas quais os estudantes possam tornar-se pessoas com iniciativa, responsabilidade e autodeterminação.

Dentro desse contexto, uma preocupação importante que o professor deve ter, para que as questões discutidas anteriormente possam ser minimamente atingidas, refere-se ao planejamento das aulas. É imprescindível que ele seja capaz de entender como ocorre o aprendizado significativo nas estruturas cognitivas do estudante. Uma vez que o professor entende como ocorre esse processo e começa a usar essas informações no planejamento de suas aulas, isso corrobora para que suas estratégias de ensino e aprendizagem sejam mais eficazes, como afirma Nóvoa (1995) apud Schön (1997), onde o professor precisa compreender seus estudantes em suas peculiaridades e a partir delas, alcançar o desenvolvimento dos conceitos e suas aplicabilidades.

Dentre as estratégias metodológicas de ensino-aprendizagem que auxiliam na construção de conhecimentos no campo das ciências, pode-se destacar a

utilização das atividades experimentais integradas com o desenvolvimento teórico. A forma como a experimentação deve ser usada dependerá muito da habilidade e do conhecimento do professor para saber quais atividades deverão ser monitoradas, quais fenômenos deverão ser explorados e que conceitos serão desenvolvidos em cada experimento. Resgatando Nóvoa (1995) apud Schön (1997), a condução do professor na exploração dos fenômenos indicará como os estudantes irão compreender as novas informações.

Portanto, é primordial que os objetivos do experimento estejam bastante claros e sejam compatíveis com os aspectos cognitivos do estudante, pois, desta forma, tanto o professor quanto o estudante terão mais facilidade em perceber a verdadeira importância de uma aula experimental que agora não possui o papel de “teste” para aquilo que foi apresentado pela formulação teórica. Sendo assim, não basta apenas o docente dominar o conteúdo em questão, mas sim tornar-se um questionador, argumentando e propondo desafios, ou seja, atuando como orientador do processo de ensino (AZEVEDO, 2003).

Pode-se perceber, desta forma, a importância de se planejar e se executar atividades experimentais que privilegiem a elaboração de hipóteses pelos estudantes o que, ao final do processo resultará numa formulação teórica que contém a descrição do fenômeno físico a ser estudado. Atividades propostas para que ele participe ativamente do processo de coleta de dados, análise, discussão, elaboração de hipóteses, isto é, que sejam planejadas com o objetivo de explorar habilidades cognitivas, podendo contribuir para o desenvolvimento do raciocínio lógico dos estudantes em busca de um aprendizado significativo, ou seja, as atividades experimentais podem ser solicitadas tanto para configurar os conhecimentos prévios como também para gerar conflitos de interpretação acerca de determinada situação (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991).

Levando-se em conta que o conhecimento avança com a problematização, a presença de questionamentos deve ocorrer em todas as etapas de um experimento e não apenas na forma de perguntas ao final de um relatório, logo, as atividades experimentais não se constituem apenas de um roteiro prescrito, mas também estão ligadas a forma com que o professor gerencia as dinâmicas construtivistas em sala de aula (ALVES FILHO, 2000).

Para o autor supramencionado, vale ressaltar que questões apresentadas ao final da atividade experimental podem auxiliar no processo de avaliação dos estudantes, mas os questionamentos também podem se configurar como ponto de partida de um experimento, se apresentados como um problema inicial, ou ainda como modo de favorecer uma previsão, explicação ou justificativa de algo observado.

Além disso, deve-se destacar que a discussão de uma situação problema nem sempre leva à solução dele, e que mais importante que resolver o problema é o método utilizado para tal. Assim, solucionar ou não um problema envolve o processo de pensar e isso possibilita desenvolver as potencialidades de raciocínio dos estudantes.

Diante da resolução de um problema, habitualmente o professor espera que o estudante obtenha um resultado correto. E se acaso isso não aconteça, normalmente, o professor desconsidera todo processo de construção. Investigar as razões pelas quais os resultados encontrados foram diferentes dos previstos pode ser uma alternativa tão rica quanto a de obtê-los (BIZZO, 1998).

Enfim, independentemente do tipo de experimento realizado, o que deve ser valorizado é o grau de problematização que este experimento possui. A esse respeito, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências ressaltam:

[...] É fundamental que as atividades práticas tenham garantido o espaço de reflexão, desenvolvimento e construção de ideias, ao lado de conhecimentos de procedimentos e atitudes. Como nos demais modos de busca de informações, sua interpretação e proposição são dependentes do referencial teórico previamente conhecido pelo professor e que está em processo de construção pelo aluno. Portanto, também durante a experimentação, a problematização é essencial para que os estudantes sejam guiados em suas observações [...]. (BRASIL, 1998, p. 122).

Desta forma, torna-se evidente a necessidade de desenvolver e executar atividades integradas de teoria e experimento que criem oportunidade para os estudantes se envolverem em um problema e procurar suas possíveis soluções com o auxílio do professor. Esse é um ponto importante a ser levantado, pois não é simplesmente a adoção de atividades experimentais que faz com que haja melhorias no aprendizado do estudante; a forma como se procura relacionar as práticas com os conteúdos é uma alternativa para os estudantes entenderem e

relacionarem os seus conhecimentos anteriores com o que lhes está sendo apresentado (ALVES FILHO, 2000).

O empenho dos estudantes em tarefas que impliquem diversas fases de uma investigação científica, desde o planejamento, passando pelo levantamento de hipóteses e pela execução, incluindo a discussão, contribui para a construção do seu conhecimento. É nessa perspectiva que o trabalho teórico-experimental deve ser entendido, como uma atividade investigativa e cooperativa, facilitadora de aprendizagem significativa. Vale ressaltar que a atividade experimental na escola, não implica em fazer ciência e sim, demonstrar a construção de um conceito que obedece a um conjunto de regras ou dados observáveis.

Assim, o que se busca atualmente no Ensino de Ciências e em especial no Ensino de Física, é um ensino problematizado e contextualizado, onde o professor se reinventa para trazer para a sala de aula as questões/dúvidas encontradas no cotidiano da sociedade e que busque através da investigação, resolvê-las à luz de conceitos técnicos e científicos (CACHAPUZ et al., 2005).

Desta forma, o estudante pode reconstruir estes conceitos, relacionando-os à sua vida, e pode deixar de ver os conhecimentos científicos como algo exclusivo dos cientistas, ou que precise se tornar um cientista para poder compreendê-los.

Nessa perspectiva, um professor de Física pode começar o desenvolvimento e a construção de um conceito executando uma experiência prática com seus estudantes, como defende Santos (2008), usando uma estratégia didática que problematize um conteúdo, tornando a aula mais instigante em que, por meio da observação direta de um determinado fenômeno físico, os estudantes são instigados a buscarem explicações lógicas com bases em seus próprios conhecimentos.

Assim, a utilização de experimentos integrados com desenvolvimentos teóricos na forma de sequências didáticas, configura-se como metodologia mais ampla e relevante para o desenvolvimento e construção de diversos conceitos e temáticas do campo da Física. Levando em consideração o que foi supramencionado, fica evidente que, através de atividades experimentais, oportuniza-se um espaço importante para discussões e reflexões, o qual contribui e se relaciona diretamente para a efetivação da aprendizagem significativa.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor duas sequências didáticas significativas para o ensino do Princípio de Arquimedes, relacionando a prática experimental com a construção da teoria que norteia a força de empuxo exercida sobre corpos imersos em fluidos, onde o estudante consegue estabelecer uma relação entre a força de empuxo e o peso do fluido deslocado, possibilitando a construção de forma significativa de uma equação para o cálculo desta força. Pode-se desmembrar o objetivo geral deste trabalho nos seguintes objetivos específicos:

- a) Compreender como ocorre o aprendizado de forma significativa nas estruturas cognitivas do estudante apoiando-se na Teoria de Ausubel;
- b) Entender como as atividades experimentais podem se configurar como ferramentas de ensino-aprendizagem;
- c) Dimensionar a importância da organização prévia dos estudantes numa atividade experimental, tanto no sentido social como cognitivo;
- d) Enfatizar a relevância de atividades que proporcionam a organização dos saberes já adquiridos pelos estudantes, caracterizando-se como organizadores prévios;
- e) Demonstrar a construção de uma equação para o cálculo da força de empuxo sobre corpos imersos em fluidos a partir dos resultados encontrados nas atividades experimentais de cada sequência;
- f) Diagnosticar o nível do conhecimento construído junto aos estudantes a partir de questionamentos respondidos antes e após a aplicação das sequências didáticas propostas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A proposta central dessa dissertação está amparada, do ponto de vista educacional, nas ideias e conceitos desenvolvidos por David Ausubel, sobretudo no que se refere à aprendizagem significativa e seus pressupostos. Além disso, embasa-se também no conceito das atividades integradas de teoria e experimento como ferramentas para o ensino e aprendizagem, uma vez que a análise de como os livros didáticos ensinam o Princípio de Arquimedes aponta para uma forma mecânica, sem significação.

### **2.1 A Aprendizagem Significativa**

A teoria de Ausubel é uma teoria cognitivista que busca explicar teoricamente o processo de aprendizagem. A ideia central de sua teoria é a da aprendizagem significativa. Para Ausubel (2000), aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Esse processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, o que ele define como conceitos subsunçores ou simplesmente subsunçores, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Nessa perspectiva, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse processo de interação da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem desenvolvidos ou limitados e pouco desenvolvidos, dependendo da frequência com que ocorre a aprendizagem significativa em conjunção com um dado subsunçor.

O autor supramencionado também destaca a aprendizagem do tipo mecânica (automática) da aprendizagem significativa. Para eles, aprendizagem mecânica é aquela em que os conhecimentos são armazenados de forma aleatória e não se relacionam de maneira substancial a um subsunçor.

O conhecimento adquirido pela aprendizagem mecânica fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), esse tipo de aprendizagem é necessária

e inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, mas posteriormente ela poderá se transformar em significativa na medida em que as informações adquiridas dessa forma vão se organizando e servem de subsunções para novas aprendizagens. Ou seja, eles não vêem uma dicotomia entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa.

Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) propõem que a programação do conteúdo a ser ensinado obedeça basicamente a três princípios:

- a) organizadores prévios;
- b) diferenciação progressiva;
- c) reconciliação integradora.

## **2.2 Organizadores Prévios**

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apud Reis (2015), se caracterizam como organizadores prévios os recursos e materiais que introduzem um determinado assunto de maneira mais geral e inclusiva, além de possuir um grau mais alto de abstração. Sua principal função é possibilitar uma ação entre aquilo que um indivíduo já conhece a respeito de um assunto e aquilo que ele deve aprender de forma significativa, ou seja, os organizadores prévios são úteis por facilitarem a aprendizagem, à medida que introduzem “pontes cognitivas” mais gerais e inclusivas, permitindo a interação entre a nova informação e aquela já armazenada na estrutura cognitiva do indivíduo.

Segundo Moreira, Sousa e Silveira (1982): “o uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva, entendida como a estrutura de conhecimento do indivíduo, a fim de facilitar a aprendizagem significativa [...]” e, conseqüentemente, gerar uma disposição para a aprendizagem de novos conceitos.

Conforme os autores supramencionados, temos três razões para a utilização de organizadores:

- a) a importância de ter ideias estabelecidas relevantes e de outra forma apropriada já disponíveis na estrutura cognitiva para tornar logicamente

significativas ideias novas potencialmente significativas e lhes dar um esteio estável;

- b) as vantagens de usar as ideias mais gerais e inclusivas de uma disciplina como ideias de esteios ou subordinadores;
- c) o fato de que eles próprios tentam tanto identificar um conteúdo relevante já existente na estrutura cognitiva como indicar explicitamente a relevância deste conteúdo e a sua própria relevância para o novo material de aprendizagem.

Em suma, a principal função do organizador está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta. É importante ressaltar que um organizador prévio não é uma síntese daquilo que vai ser apresentado, pois ele deve estar num grau de abstração mais elevado para facilitar a integração da nova ideia, atuando como ponte com a estrutura hierárquica de conhecimentos já existentes.

Não obstante, na visão de Reis (2015), um dos pressupostos dos organizadores prévios é a motivação que esse recurso pode potencializar. Dependendo do material selecionado pelo professor, o processo de internalização de um conceito, na estrutura cognitiva de um indivíduo, pode dar-se de maneira espontânea e interessante, e os conhecimentos já existentes darão suporte para a aprendizagem desses novos conceitos.

### **2.3 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora**

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) explicam a diferenciação progressiva a partir de dois pressupostos:

- (1) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido, mais inclusivo do que formular o todo inclusivo a partir das suas partes diferenciadas previamente aprendidas.
- (2) Num indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular consiste de uma estrutura hierárquica na sua própria natureza. As ideias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados. (AUSUBEL, NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 159).

Segundo a ideia de diferenciação progressiva, deve-se, primeiramente, ensinar os conceitos em um nível geral, para depois atingir um nível maior de detalhamento, ou seja, primeiro se apresentam às ideias mais gerais que serão, progressivamente, detalhadas em termos de especificidade.

Já a chamada reconciliação integradora, é o processo pelo qual se reconhecem novas relações entre conceitos até então vistos de forma isolada. Para facilitar esse processo, o material didático deve ser feito para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas além de reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Cabe salientar que toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará em aprendizagem significativa.

Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980) existem duas condições necessárias à ocorrência da aprendizagem significativa. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender. Se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Para a aprendizagem ser significativa, é necessário que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva o novo material ou conteúdo.

Em segundo lugar, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária. A condição de que o material seja potencialmente significativo envolve dois fatores principais: o primeiro quanto à natureza do assunto – essa deve ser suficientemente não arbitrária e não aleatório, de modo a permitir o estabelecimento de uma relação não-arbitrária e substantiva com ideias correspondentemente relevantes localizadas no domínio da capacidade intelectual humana.

O segundo fator que determina o potencial significativo do material de aprendizagem é uma função que pertence à estrutura cognitiva do aluno e não ao material da aprendizagem. Assim, para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, não é suficiente que as novas informações sejam simplesmente relacionadas; é também necessário que o conteúdo ideacional relevante esteja disponível na estrutura cognitiva de um determinado estudante.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) distinguem três tipos de aprendizagem significativa: aprendizagem representacional, aprendizagem de conceitos e aprendizagem proposicional.

A aprendizagem representacional é basicamente uma associação simbólica primária, atribuindo significados a símbolos. Refere-se ao significado de palavras ou símbolos unitários. Para os autores, no caso de alguma pessoa num estágio mais primitivo de desenvolvimento, o que um determinado símbolo significa ou representa é inicialmente algo completamente desconhecido para ele, é algo que ele tem que aprender.

O processo através do qual ele aprende isso, denominado aprendizagem representacional, é coextensivo com o processo pelo qual novas palavras passam a representar para ele ideias ou objetos correspondentes aos quais as palavras se referem. As novas palavras passam a significar para ele as mesmas coisas que os referentes e remetem ao mesmo conteúdo significativo diferenciado. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 39).

A aprendizagem de conceitos é uma extensão da representacional, mas em um nível mais abrangente e abstrato, como o significado de uma palavra, por exemplo. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apresentam dois métodos de aprendizagem de conceito: formação de conceito e assimilação de conceito.

A formação de conceito ocorre primordialmente em crianças de idade pré-escolar. Nesse método, os atributos essenciais do conceito são adquiridos por meio de experiência direta e por meio de estágios sucessivos de formulação de hipóteses, testes ou generalizações.

A assimilação de conceito é a forma dominante de aprendizagem de conceito em crianças em idade escolar e adultos. Esses conceitos só serão assimilados se os seus atributos essenciais estiverem definidos em termos de novas combinações de referentes disponíveis na estrutura cognitiva da criança (AUSUBEL, 2003).

A aprendizagem proposicional diz respeito ao significado de ideias expressas por grupos de palavras combinadas em proposições ou sentenças. Nesse caso, a tarefa da aprendizagem significativa não se reduz ao aprendizado do que representam as palavras isoladamente ou à sua combinação; refere-se ao aprendizado do significado de novas ideias expressas de forma proposicional.

Resgatando Ausubel (2003), a estrutura proposicional, justamente, é o resultado da combinação de várias palavras isoladas que se relacionam entre si, cada uma representando uma unidade referencial. As palavras isoladas combinam-se de tal forma, que compõe um todo. Por conseguinte, a aprendizagem representacional é

básica, ou um pré-requisito para a aprendizagem proposicional verdadeira, quando então, as proposições são expressas verbalmente.

A aquisição de significados na estrutura cognitiva se dá por meio da assimilação, que pode ser entendida como tendo um efeito facilitador na retenção.

Após esse estágio, ocorre a assimilação obliteradora, na qual o conceito recém assimilado, que antes podia ser desassociado, passa a integrar o subsunçor definitivamente, não permitindo mais uma dissociação.

Uma vez existente um conjunto de ideias na estrutura cognitiva do sujeito, com as quais novas ideias podem se articular de maneira não arbitrária, essa interação pode acontecer de três formas diferentes: por subordinação (quando a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, refletindo uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente), por super ordenação (quando a informação nova é ampla demais para ser assimilada por qualquer subsunçor existente, sendo mais abrangente que estes e então passa a assimilá-los, ou seja, partindo dos subsunçores, forma-se uma ideia mais geral, organizando os subsunçores como partes desta ideia genérica) e de forma combinatória (quando a informação nova não é suficientemente ampla para absorver os subsunçores, mas em contrapartida é muito abrangente para ser absorvida por eles. Caracteriza-se por ser uma aprendizagem de proposição global, portanto, não subordinada e nem superordenada, por não se ligar com conceitos ou proposições específicas). A categorização de aprendizagem significativa subordinada, superordenada e combinatória se ajustam à categorização em representacional, conceitual e proposicional.

As proposições de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) partem da consideração de que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual, sendo que a sua complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem entre si do que do número de conceitos presentes. Entende-se que essas relações têm um caráter hierárquico, de maneira que a estrutura cognitiva é compreendida, fundamentalmente, como uma rede de conceitos organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização. Assim, conforme afirma Moreira (1999), Ausubel propõe que, ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é formular questões e problemas

de uma maneira nova e não familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido.

Segundo a teoria ausubeliana, a aprendizagem pode se processar tanto pela descoberta quanto por recepção. Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980), embora a distinção entre aprendizagem receptiva e aprendizagem por descoberta não tenha absolutamente nada a ver com a dimensão automático-significativa do processo de aprendizagem, existe comumente muita confusão em torno destas duas dimensões de aprendizagem. Esta confusão é parcialmente responsável pelas crenças gêmeas muito difundidas, porém infundadas de que a aprendizagem receptiva é invariavelmente automática e que a aprendizagem por descoberta é inerente e necessariamente significativa.

Na aprendizagem receptiva (automática ou significativa), todo o conteúdo daquilo que vai ser aprendido é apresentado ao estudante sob a forma final. Atarefa de aprendizagem não envolve qualquer descoberta independente por parte do aluno. No caso da aprendizagem receptiva significativa, a tarefa ou matéria potencialmente significativa é compreendida ou tornada significativa durante o processo de internalização. Já na aprendizagem receptiva automática, a tarefa de aprendizagem não é potencialmente significativa.

#### **2.4 Princípio de Arquimedes nos livros didáticos**

As metodologias de ensino para um mesmo princípio Físico podem ser as mais variáveis, desde aquelas que adotam o caráter mais mecânico, àquelas que proporcionam metodologias construtivas que sejam capazes de tangenciara construção do conhecimento junto aos estudantes.

Fazer uma análise sobre como alguns livros (autores) fazem a abordagem acerca da força de empuxo, sobre corpos parcialmente ou totalmente imersos em fluidos, torna-se interessante no sentido de uma visão mais holística sobre o ensino deste conceito, possibilitando o entendimento de como os autores enxergam o ensino do Princípio de Arquimedes. Além disso, essa análise tende a gerar subsídios que patrocinem as práticas experimentais associadas ao desenvolvimento deste princípio, uma vez que por ventura, elas não sejam abordadas em livros didáticos.

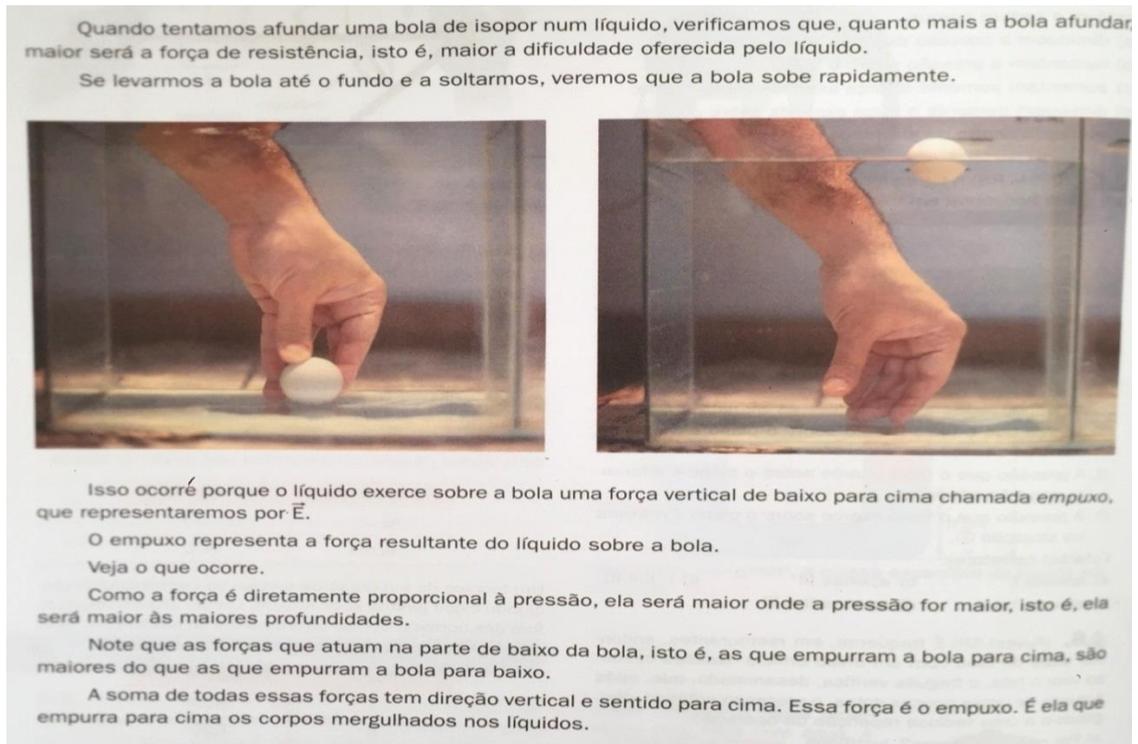
Será feita a análise de como os livros introduzem o Princípio de Arquimedes, sobre como os autores buscam despertar a atenção dos estudantes, provocando

questionamentos que causem inquietações e os artifícios utilizados para demonstrar a relação entre a força de empuxo e o peso do líquido deslocado. Para tanto, serão utilizadas, quando necessárias, reproduções fieis de trechos de cada autor.

Para essa análise, foram escolhidas quatro coleções disponibilizadas aos estudantes para consulta na biblioteca do Colégio Pastor Dohms, Unidade Capão da Canoa/RS. Uma dessas coleções, inclusive, é adotada pela instituição como livro de apoio dos alunos. O primeiro livro analisado intitula-se: Física, História & Cotidiano. Coleção Delta, Bonjorno & Clinton, volume único para o Ensino Médio, FTD. Edição 2005.

Os autores fazem a introdução do assunto, expondo para os leitores uma situação problema que é de fácil assimilação por parte dos estudantes, ilustrando uma bola de isopor sendo submersa na água e imediatamente solta. Como já é esperado, a bola sobe imediatamente após ser solta. Os autores, de imediato, justificam que uma força na vertical para cima, exercida pelo líquido, empurra a bola e denominam esta força de empuxo. A situação pode ser observada na Figura 1, onde não há a preocupação dos autores em desenvolver um momento que seja capaz de fomentar discussões entre os estudantes acerca do fenômeno observado.

Figura 1 – Introdução ao conceito de força de empuxo no livro Física: História & Cotidiano



Fonte: Livro didático Física: História & cotidiano, p. 238, 2005.

Legenda: nesta imagem, é possível observar como o livro didático História & Cotidiano apresenta o Princípio de Arquimedes aos estudantes.

Para fazer a demonstração do cálculo da força de empuxo, os autores novamente não proporcionam nenhum momento de discussão para os estudantes, simplesmente apresentam uma situação de um corpo em equilíbrio dentro de um líquido e, igualando o empuxo ao peso do corpo, determinam a expressão para o cálculo do módulo da força de empuxo, como pode ser observado na Figura 2 a seguir.

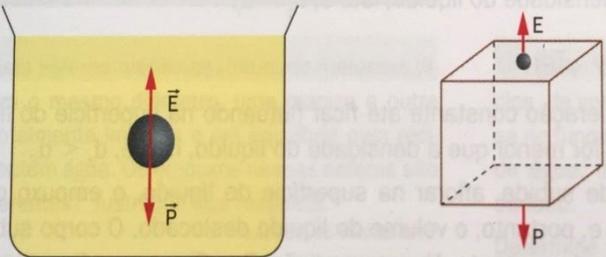
Figura 2 – Demonstração do cálculo do módulo da força de empuxo no livro Física: História & Cotidiano.

**Teorema de Arquimedes**

Foi o filósofo e matemático grego Arquimedes quem descobriu, a partir de experiências, como calcular o empuxo.

Para isso, consideremos um líquido em equilíbrio, e uma porção desse líquido como se fosse um corpo imerso nele.

Para que o corpo de massa  $m_c$  e volume  $V_c$  fique em equilíbrio no líquido, devemos ter o empuxo igual ao peso do corpo.



$$E = P \rightarrow E = m_c g$$

$$E = d_c V_c g$$

Mas o corpo imaginário é constituído de líquido, logo:  $d_c = d_{liq}$  e  $V_c = V_{liq\ dest}$

Portanto:  $E = d_{liq} \cdot V_{liq\ dest} \cdot g$

Fonte: Livro didático Física: História & cotidiano, p. 238, 2005.

Legenda: na figura, é possível observar como os autores do livro História & Cotidiano fazem uma definição bastante simplista de uma equação para calcular o valor da força de empuxo.

Na Figura 2 é possível observar que os autores fazem um tratamento superficial sobre a construção da equação para o cálculo da força de empuxo, assumindo a condição de que os leitores terão uma fácil compreensão acerca dos conceitos abordados em termos de forças, densidade e volume. Na análise deste livro, não ficou evidente a exposição dos estudantes a um momento de inquietação, onde atividades aplicadas, antes do desenvolvimento do conceito propriamente dito, pudessem colaborar com a aprendizagem significativa.

O próximo livro a ser analisado, intitula-se: Física, Nicolau-Torres-Penteado. Volume único. Editora Moderna. Ed. 2012. Neste material, os autores, ao abordar o princípio de Arquimedes, proporcionam um breve momento de inquietação para os estudantes, começando o desenvolvimento do conceito com perguntas que podem ser observadas na Figura 3. Percebe-se que há, por parte dos autores, uma

preocupação em levantar questionamentos no leitor, despertando seu interesse no assunto.

Figura 3 – Como o livro Física aborda o desenvolvimento do Princípio de Arquimedes

**9**
**Princípio de Arquimedes**
16.9  
Anotações



**Figura 16.** A alta salinidade da água do Mar Morto permite que uma pessoa flutue facilmente.

Talvez você já tenha feito a si próprio perguntas semelhantes a essas:

- Por que uma pequena moeda de metal afunda na água, enquanto um transatlântico, feito quase totalmente em aço, consegue flutuar?
- Por que um balão de borracha, desses usados em festas infantis, sobe quando cheio de gás hélio?
- Por que a pessoa na **figura 16** não afunda?

Questões como essas foram respondidas, há muitos séculos, pelo matemático, astrônomo e engenheiro grego Arquimedes de Siracusa (c. 287 a.C.-c. 212 a.C.).  
A resposta está no **princípio de Arquimedes**:

• Um corpo, total ou parcialmente mergulhado em um fluido em equilíbrio, recebe deste uma força de direção vertical e sentido para cima, cuja intensidade é igual à do peso do fluido deslocado pela parte imersa do corpo.

A **figura 17** mostra a origem da força de empuxo.

Vamos considerar um corpo de forma cilíndrica com bases de áreas iguais a  $A$  e que distam  $h$ , entre si, totalmente imerso no fluido. A força denominada **empuxo** ( $E$ ) é a resultante das forças de pressão  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  que atuam nas bases superior e inferior do cilindro. Assim:

$$E = F_2 - F_1$$

$$E = p_2 A - p_1 A$$

$$E = A \cdot (p_2 - p_1)$$

Mas, pela Lei de Stevin,  $p_2 - p_1 = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot h$ . Então:

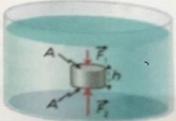
$$E = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot A \cdot h$$
, em que  $A \cdot h$  é o volume do corpo imerso  

$$E = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot V_{\text{corpo}}$$

De modo geral, podemos escrever:

$$E = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot V_{\text{imerso}}$$

Na expressão anterior,  $V_{\text{imerso}}$  é o volume de fluido deslocado pela parte imersa do corpo.



**Figura 17.** A força de empuxo é a resultante das forças de pressão nas bases do corpo.

Fonte: Livro didático Física, 2012, p. 249.

Legenda: apresentação e definição do Princípio de Arquimedes no Livro Didático Física, de forma bastante direta e que requer um bom grau de abstração por parte dos estudantes.

Na Figura 3, é possível também perceber que os autores tentam chamar a atenção dos estudantes com a imagem de uma pessoa facilmente boiando nas águas do Mar Morto. Neste sentido, é importante salientar que uma situação que tende a despertar a atenção do leitor, configura-se como uma estratégia didática, ao passo que o estudante possa se questionar por que é tão fácil boiar numa água que tem alta concentração de sal.

Os autores fazem uma definição sobre a orientação da força de empuxo e sobre sua intensidade de forma direta, como pode ser observado em destaque na figura anterior. Não há novamente, por parte destes autores, uma preocupação em demonstrar a relação entre a força de empuxo e o peso do líquido deslocado.

Na demonstração da equação, para o cálculo da força de empuxo, os autores utilizam o artifício correspondente a força resultante sobre um corpo imerso num fluido, sendo esta, a força de empuxo. A equação é demonstrada a partir da diferença de forças em detrimento da diferença de pressão entre a parte inferior e superior de um corpo imerso num fluido. Na metodologia abordada pelos autores, percebe-se que há um preciosismo interessante de substituições que convergem para a equação de forma correta.

Para estudantes de 9º Ano do Ensino Fundamental, as substituições adotadas pelos autores, que podem ser observadas na Figura 3, podem se constituir de dificuldades para eles na assimilação do conceito, pois mesmo que acontece de forma pragmática a substituição de uma expressão em outra, a prática em sala de aula mostra que nem sempre essa metodologia é facilmente compreendida.

Outro livro analisado intitula-se: Física Básica. Nicolau-Toledo-Ronaldo. Volume único. Editora Atual. Ed. 2013. Neste livro, os autores fazem uma abordagem bastante simplista e direta, com apenas a imagem de uma pessoa flutuando na água, conforme pode ser observado na Figura 4.

Os autores, de forma direta, fazem a definição da força de empuxo, sua orientação e seu valor, como pode ser observado em destaque na Figura 4. Novamente, não há por parte destes autores o desenvolvimento de uma metodologia capaz de fazer uma demonstração mais lúdica sobre como calcular o valor da força de empuxo.

Figura 4 – Como o livro Física Básica aborda o desenvolvimento do Princípio de Arquimedes

**Teorema de Arquimedes**

Conta-se que Arquimedes (287-212 a.C.) teve a intuição do teorema que leva seu nome quando, durante o banho, sentiu que seu peso se “aliviava” quando mergulhado na água. O Teorema de Arquimedes pode ser enunciado do seguinte modo:

Um fluido em equilíbrio age sobre um corpo nele imerso (parcial ou totalmente) com uma força vertical orientada de baixo para cima, denominada *empuxo*, aplicada no centro de gravidade do volume de fluido deslocado, cuja intensidade é igual à do peso do volume de fluido deslocado.



Figura 16

Consideremos o recipiente da figura 17, contendo um líquido de densidade  $d_L$ . Ao mergulharmos um corpo sólido nesse líquido, o nível do líquido sobe, indicando que certo volume do líquido foi deslocado. De acordo com o Teorema de Arquimedes, o empuxo  $\vec{E}$  tem intensidade igual à do peso do volume de líquido deslocado pelo corpo:

$$E = P_L$$

$$E = m_L \cdot g$$

Como  $m_L = d_L V_L$  ( $d_L$  é a densidade do líquido e  $V_L$  o volume do líquido deslocado),

$$E = d_L V_L g$$

que constitui a *fórmula do empuxo*.

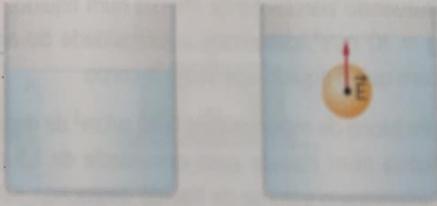


Figura 17

Fonte: Livro didático Física básica, p. 243, 2013.

Legenda: apresentação e definição do Princípio de Arquimedes pelo Livro Didático Física Básica, onde novamente os autores fazem uma definição rápida da força de empuxo e demonstram sua equação, sem a preocupação de um processo de construção do conhecimento.

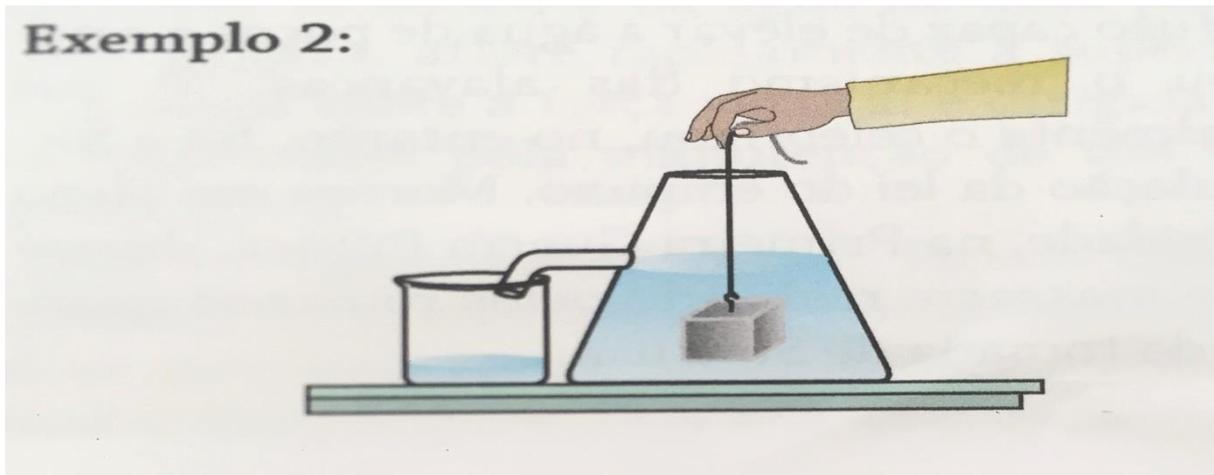
Observando a figura anterior, observa-se que os autores, para definir uma expressão que seja capaz de calcular o valor da força de empuxo, fazem um tratamento bastante direto a partir da definição da própria força, igualando a força de empuxo ao peso do fluido deslocado e, a partir de substituições convenientes, definem a expressão.

Nos três livros analisados anteriormente, a metodologia utilizada pelos autores é bastante parecida, apresentam uma ilustração inicial, definem de forma direta o que é a força de empuxo, sua orientação e sua equivalência. Os autores também fazem a demonstração da expressão que determina o cálculo da força de empuxo de forma mecânica, com substituições que, por vezes, requer do estudante um grau de abstração interessante.

Porém, no quarto livro analisado que intitula-se: Tópicos de Física, Projeto Conecte. Ricardo-Gualter-Newton (Editora Saraiva, Ed.2014), os autores, apesar de

desenvolver os conceitos acerca da força de empuxo de forma bastante parecida com os autores anteriores, apresentam um diferencial neste livro. Trata-se da possibilidade da comprovação do volume do líquido deslocado ser igual ao volume do corpo, como pode ser observado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Como o livro Tópicos de Física demonstra a equivalência entre o volume do corpo e o volume de líquido deslocado

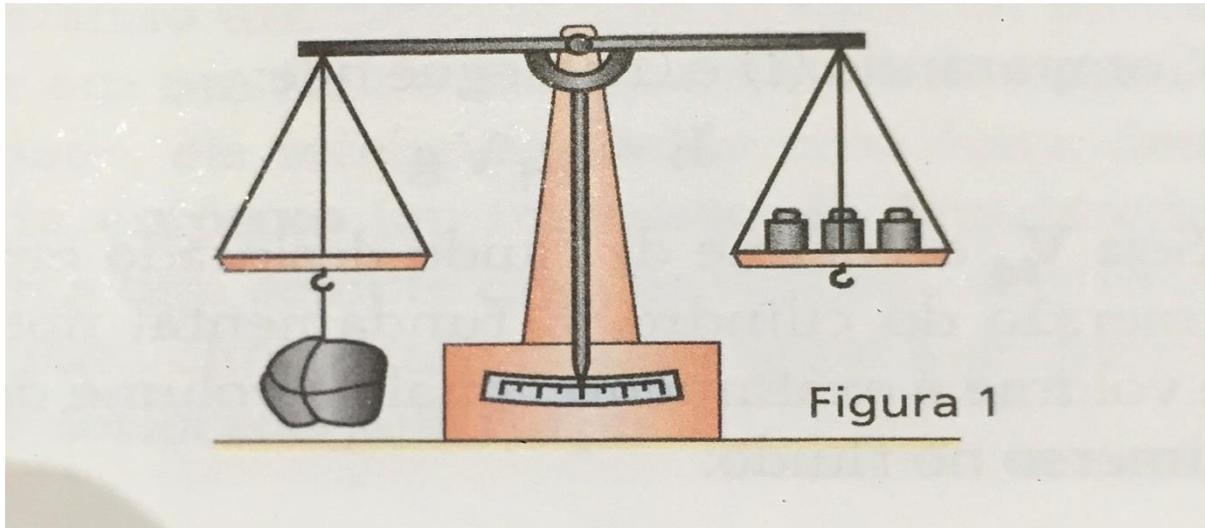


Fonte: Livro didático Tópicos de Física, p. 484, 2014.

Legenda: na figura, é possível observar que no Livro Didático tópicos de Física, os autores se preocuparam em fazer uma demonstração entre o volume de líquido deslocado e o volume do corpo nele imerso.

Os autores ainda demonstram um experimento capaz de verificar a força de empuxo sobre corpos suspensos numa balança de travessão, primeiramente, demonstrando uma situação de equilíbrio horizontal, conforme Figura 6 e posteriormente, demonstrando uma nova situação com o corpo imerso dentro de um líquido, rompendo o equilíbrio horizontal, conforme a Figura 7.

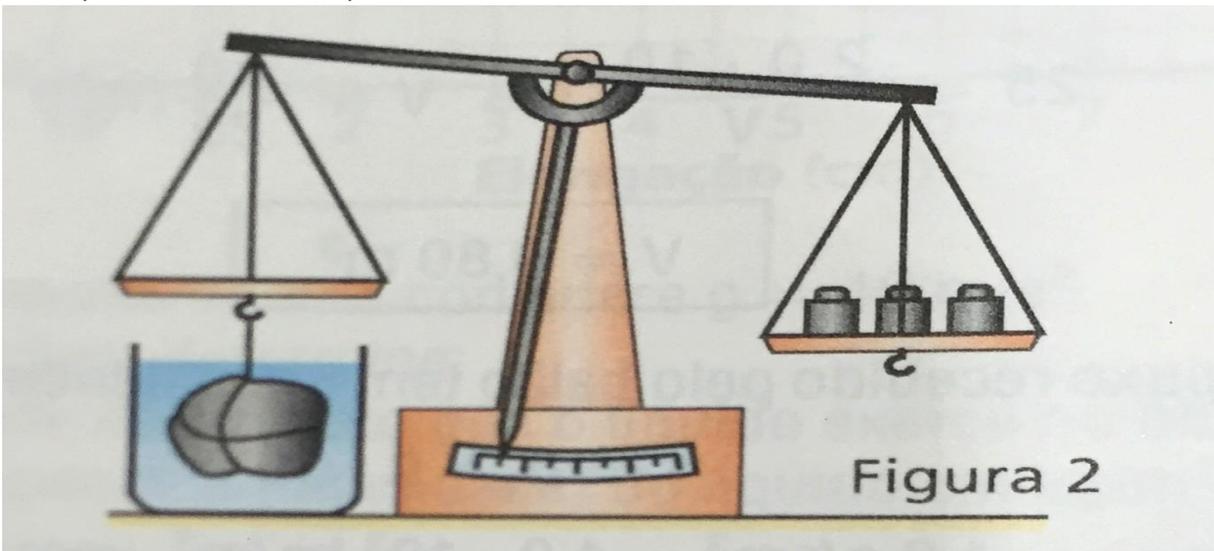
Figura 6 – Como o livro Tópicos de Física demonstra uma condição de equilíbrio horizontal



Fonte: Livro didático Tópicos de Física, p. 484, 2014.

Legenda: nesta imagem, os autores demonstram uma situação de equilíbrio horizontal no ar, ficando evidente a equivalência entre as massas nas extremidades e, conseqüentemente, o peso também.

Figura 7 – Como o livro Tópicos de Física demonstra o rompimento do equilíbrio horizontal quando um corpo está imerso num líquido

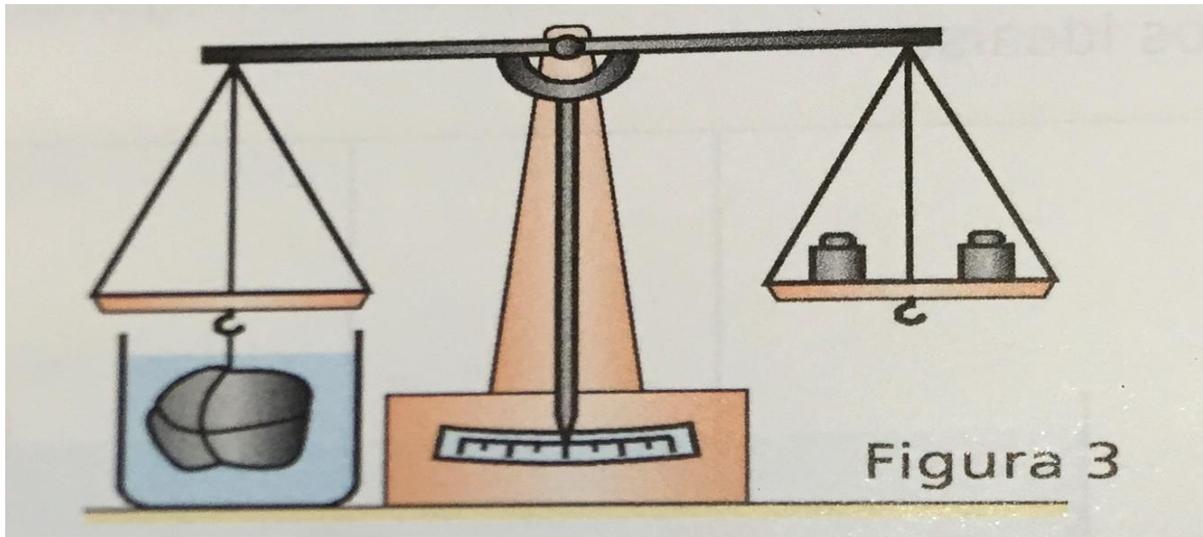


Fonte: Livro didático Tópicos de Física, p. 485, 2014.

Legenda: o equilíbrio horizontal é rompido mediante a força de empuxo que atua verticalmente para cima sobre o corpo imerso no líquido.

Para o leitor compreender o valor da força de empuxo que rompeu com o equilíbrio na horizontal, os autores sugerem que seja tirado um dos contrapesos do lado direito da figura anterior, como pode ser observado na Figura 8. Ao fazer isso, volta a ser estabelecido o equilíbrio horizontal do sistema. Em seguida, os autores induzem os estudantes a concluírem que o peso do contrapeso retirado, tem o mesmo valor da força de empuxo oferecida pelo líquido.

Figura 8 – Como o livro Tópicos de Física explica a equivalência entre a força de empuxo e um contrapeso



Fonte: Livro didático Tópicos de Física, p. 485, 2014.

Legenda: na figura, os autores demonstram que ao se retirar um peso da extremidade da direita, o sistema volta a alcançar o equilíbrio horizontal, o que evidencia que o valor da força de empuxo oferecida pelo fluido é igual ao peso do corpo retirado.

Neste último livro analisado, os autores utilizaram uma abordagem um pouco mais ampla sobre o princípio de Arquimedes, ou seja, se propuseram a explicar um pouco mais o assunto, demonstrando através de enunciados intercalados de figuras, relações entre a força de empuxo, volume de líquido deslocado e equivalência entre forças, mas em nenhum momento, os autores sugeriram uma prática experimental que levassem os estudantes a concluir sobre as variáveis das quais dependem a força de empuxo.

Em suma, constata-se que, em nenhum dos quatro livros analisados, os autores se preocupam com a apresentação de uma prática experimental capaz de demonstrar a equivalência entre a força de empuxo e o peso do líquido deslocado. Além disso, fica evidente que a abordagem feita pelos autores acerca do Princípio de Arquimedes é, em geral, mecânica, com pouca preocupação no sentido da construção de uma aprendizagem significativa. Cabe frisar que, o professor que conduz a aula precisa preencher essas lacunas deixadas pelos livros, se reinventando e propondo metodologias alternativas em busca da aprendizagem significativa.

## 2.5 As Atividades Experimentais como Ferramentas de Ensino e Aprendizagem

É rotineiro que em escolas de Ensino Fundamental e Médio os professores de Física encontrem muitas dificuldades no momento de construir o conhecimento junto com seus estudantes de forma significativa e contextualizada. Historicamente a Física é vista como uma disciplina difícil de ser ensinada e aprendida e, por isso, os estudantes apresentam desinteresse e problemas quanto à aprendizagem dos seus respectivos conteúdos, principalmente quando não há a contextualização destes. “Os alunos, muitas vezes, não sabem do que andam à procura e ainda que tentem dar um nexo aos seus conhecimentos, fazem-no desgarradamente, por parcelas, já que lhes falta um fio condutor, um organizador, um problema que unifique as ideias” (CACHAPUZ, 2005, p.75).

Para o autor supramencionado, a falta de uma situação problematizadora que motive os estudantes pode conferir ao professor muito trabalho para pouco rendimento, resultando em aulas maçantes e por vezes, sem sentido para o estudante. Assim, é importante uma mudança nas aulas de Física, pelo professor, para poder mostrar aos estudantes, que existem correlações entre conteúdos escolares e sua realidade imediata.

Novas iniciativas e recursos devem ser utilizados na sala de aula com o objetivo de tornar os conteúdos dessa área de conhecimento mais compreensíveis aos estudantes e que possibilitem a real construção do conhecimento por estarem relacionados com sua realidade imediata. A experimentação pode ser utilizada como estratégia de ensino por professores que compreendem que a utilização de experimentos dará ao estudante a oportunidade de visualizar os fenômenos físicos, estabelecendo relações com o seu cotidiano, ou seja, não distante da sua realidade.

Ora, os problemas devem, de preferência, ser colocados pelos alunos, ou por eles assumidos, ou seja, devem-nos sentir como seus, terem significado pessoal, pois só assim temos a razoável certeza de que correspondem a dúvidas, a interrogações, a inquietações — de acordo com o seu nível de desenvolvimento e de conhecimentos. Encontra-se, aqui, uma das principais fontes de motivação intrínseca, que deve ser estimulada no sentido de se criar nos alunos um clima de verdadeiro desafio intelectual, um ambiente de aprendizagem de que as nossas aulas de ciências são hoje tão carentes. (CACHAPUZ, 2005, p.75).

Nessa perspectiva, a construção do conhecimento junto às estruturas cognitivas dos estudantes, onde o professor se torna um elemento que assume a

função de problematizar os conceitos, pode ser mais evidenciada e potencializada através da integração teoria-experimento, contribuindo para a construção de uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão atuante, contemporâneo e solidário, com instrumentos para poder compreender, intervir e participar ativamente da realidade, desenvolvendo o raciocínio lógico na resolução de situações problemas.

A liberdade de testar hipóteses presente no exercício experimental como tentativas de soluções dos desafios propostos, dá a chance de propor diferentes meios ou caminhos para chegar ao resultado desejado. Diferentes exercícios e diferentes caminhos para a solução oferecerão condições ao estudante no desenvolvimento de táticas e estratégias que possam ser utilizadas em outras situações (ALVES FILHO, 2000, p. 257).

No atual sistema de educação, não há nenhuma exigência formal sobre o uso das atividades experimentais como recursos didáticos para o desenvolvimento dos conceitos em qualquer área do conhecimento. A iniciativa para a adoção dessas práticas fica a critério do professor. Mas a realidade é que em sua grande maioria, as aulas são puramente expositivas, quando muito, com atividades em vídeo ou softwares desenvolvidos dentro da própria sala de aula, o que não movimentam fisicamente os estudantes, gerando por vezes a acomodação e desânimo deles. Cunha (2008) afirma que para muitos estudantes, o trabalho de um dia normal de aulas é ouvir, ler e escrever e só raramente duas a três vezes por semana, é que se observa uma mudança no perfil dessas atividades, na maioria das vezes, em função das aulas de Educação Física.

Desse modo, as atividades experimentais vêm a somar, pois se configuram como um momento dinâmico e tiram os estudantes da sua habitual zona de conforto (meramente sentados como expectadores, cuja atribuição é transcrever para o caderno aquilo que o professor desenvolve no quadro), ou seja, de dentro da sala de aula convencional. Além disso, as atividades práticas podem contribuir nas relações interpessoais, na medida em que, durante a sua realização, os estudantes precisam, por muitas vezes, dialogar entre si nas atividades grupais ou em duplas, escutando uns aos outros para conseguirem alcançar os objetivos da prática experimental. Cunha (2008) destaca que essa mudança também ocorre quando os estudantes vão ao laboratório e têm efetivamente uma aula de caráter mais experimental, uma vez que aí cooperam mais uns com os outros, de maneira específica.

Um professor que conhece bem a realidade da sala de aula sabe das dificuldades encontradas no desenvolvimento dos conceitos relacionados à Física, conforme afirmam Bonadiman et al. (2007) no entanto, as dificuldades de aprendizagem se revelam de forma mais contundente quando se trata do ensino das ciências da natureza. Nesse particular, nossa preocupação é com o ensino da Física. O que se observa é que, de um modo geral, nas escolas de nível médio, se aprende pouco da Física e, o que é pior, se aprende a não gostar dela. Entre os motivos referentes à essas dificuldades, os autores supramencionados ainda destacam.

As causas que costumam ser apontadas para explicar as dificuldades na aprendizagem da Física são múltiplas e as mais variadas. Destacamos a pouca valorização do profissional do ensino, as precárias condições de trabalho do professor, a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, a ênfase excessiva na Física clássica e o quase total esquecimento da Física moderna, o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado (BONADIMAN et al., 2007, p. 196).

Portanto, apenas quem já lecionou ou leciona sabe de todos os aspectos que dificultam o trabalho do professor no desenvolvimento dos conceitos. Sendo assim, propor metodologias de ensino que corroborem com o ensino-aprendizagem significativo, deixando as aulas mais dinâmicas onde os conceitos desenvolvidos devem estar relacionados com situações do cotidiano dos estudantes, sobretudo a partir de atividades práticas e experimentais, pode constituir-se em uma alternativa interessante na perspectiva de contornar as dificuldades no ensino da física.

As sequências didáticas que deram origem a este trabalho configuram-se como recursos didáticos para o desenvolvimento do Princípio de Arquimedes de forma construtiva. Entende-se por recursos didáticos, métodos ou metodologias que auxiliam o professor no desenvolvimento de determinado conceito. Esses recursos podem ser os mais variados como as próprias atividades experimentais, recursos de áudio e vídeo, análise de conceitos físicos em charges, uso de aplicativos em celulares, *software* entre outros, mas todos com o mesmo fim: colaborar com a construção de determinado conceito. Na visão de Santos et al. (2004), é preciso entender o recurso didático como o elemento que irá mediar a relação do estudante

com o conteúdo e que esse processo deve se dar a partir do planejamento consciente por parte do Professor.

Ainda corroborando com a ideia supramencionada, Santos et al. (2004) destaca que, um recurso didático deve fazer uma intermediação entre o conteúdo e o estudante. Para que isso aconteça, deve haver um planejamento por parte do professor. As sequências didáticas propostas por este trabalho não fogem deste pressuposto discutido anteriormente, pois quando elas foram idealizadas e desenvolvidas, um dos objetivos principais foi evidenciar os conceitos relacionados à força de empuxo sobre corpos imersos em fluidos, de forma que o estudante visualizasse, *in loco*, o fenômeno físico, fugindo de uma aula meramente expositiva na intenção de que essa intermediação experimental proporcionasse um momento significativo a todos eles.

Uma vez que o professor adota como recursos didáticos atividades experimentais para o desenvolvimento de conceitos, ele está propondo a seus estudantes um espaço diferenciado de construção de conhecimento, pois através da visualização de determinado resultado prático, ele é instigado a raciocinar, buscar explicações lógicas para o observado ou até mesmo resgatar, em suas estruturas cognitivas, conceitos que deem subsídios a tais explicações além de propor modificações no experimento de modo a testar alguma hipótese alternativa. Como argumentam Santos et al. (2004), o professor precisa colocar o estudante diante de situações práticas que permitam o surgimento de questões, do processo de reflexão na ação e para isso ele mesmo deve fazer esse procedimento na sua prática diária e nos momentos de formação. O referido autor discute ainda que as atividades experimentais realizadas pelo professor não devem ser esporádicas, mas sim corriqueiras, como forma de aperfeiçoamento em suas próprias práticas.

Ainda em tempo, para os autores, o contato com as atividades práticas deve ser significativo para os estudantes e, para que isso aconteça, é preciso de um bom planejamento por parte do professor. Além disso, é preciso que este esteja acostumado com o desenvolvimento de práticas experimentais e que conheça as contribuições que tais atividades podem trazer no desenvolvimento de conceitos de forma significativa, em que o estudante diante do resultado de uma prática pode ser desafiado a tentar explicar o observado com base em seus conhecimentos internos. Como afirma Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apud Moreira (2013), defendendo a

ideia de que aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

Em algumas áreas do conhecimento, os conceitos desenvolvidos, por muitas vezes, requerem dos estudantes um alto grau de abstração e nem sempre eles têm essa habilidade desenvolvida. A Física é uma dessas áreas, pois muitos dos conceitos, se desenvolvidos numa aula meramente expositiva, podem não ser alcançados de forma significativa quando o estudante não tem a capacidade de abstrair o que lhe está sendo apresentado. Logo, é preciso novas estratégias de recursos didático-pedagógicos que permitam ao professor diagnosticar os conhecimentos prévios que seus estudantes têm acerca do conceito a ser desenvolvido e a partir deles, desenhar estratégias para contornar essa dificuldade, desta forma, resgatamos Alves Filho.

Uma das principais razões que justificam o laboratório didático certamente é o “tratamento” das ideias prévias. Por meio do laboratório didático, se torna possível, através de um diálogo questionador, perceber quais as argumentações utilizadas pelos estudantes para explicar o fenômeno envolvido. As diferentes argumentações permitirão ao professor mapear quais os equívocos de interpretação. Cria-se, então, uma oportunidade importante para o professor, que pode discutir tais ideias prévias, colocando-as em cheque concretamente (ALVES FILHO, 2000, p.257).

Nesse sentido, as atividades experimentais vêm a somar, pois são momentos e espaços diferenciados em que a interação visual e instrumental pode proporcionar uma melhor assimilação dos conceitos a serem desenvolvidos, além de poderem constituir-se em ocasiões nas quais o conhecimento abstrato pode ser posto em prática. Santos et al. (2004) reforça que as atividades experimentais constituem uma maneira de aproximar esses estudantes da Física de forma mais concreta, mesmo para aqueles que já atingiram o estágio das operações formais, o que torna as atividades experimentais essenciais para a significância do conhecimento construído.

Na realização de atividades que integram teoria e experimento, é importante que o professor oportunize um espaço onde os estudantes, ao executarem o desenvolvimento da atividade, sejam capazes de criar hipóteses para explicar o observado, ou seja, o professor não deve entregar todo o experimento já construído. Neste sentido, Bonadiman entende que a atividade experimental se constitui de uma etapa onde o estudante:

[...] ao executar uma atividade experimental, busca expressar ideias sobre uma determinada situação, ideias essas que possivelmente irão contribuir para dar significado aos modelos que descrevem e explicam um dado fenômeno físico da natureza reproduzido em laboratório em condições favoráveis, mas, certamente, bastante simplificadas. (BONADIMAN, 2007, p.208).

O professor, como elemento responsável pela intermediação da construção do conhecimento, deve incumbir os estudantes de montarem o experimento, pois, além de vislumbrarem as distintas etapas da sua construção, eles têm a ideia global dos diferentes procedimentos que foram realizados, facilitando a compreensão integral do que será posteriormente construído. Nesse sentido, Santos et al. (2004) reflete que a utilização de um aparato experimental, após a sua construção, fará com que o estudante aja de uma maneira mais racional, pois ele terá uma ideia clara, a respeito do funcionamento e das suas limitações. Assim, sua atuação será menos mecânica e sua aprendizagem, provavelmente, mais eficiente.

Assim, é importante ressaltarmos que experimentos realizados em laboratório sob a forma de apenas reprodução, sem a compreensão dos princípios metodológicos dos fundamentos envolvidos, conferem pouca qualificação de método científico. Deve-se reconhecer que, experimentos não são experiências genuinamente significativas, a menos que satisfaçam duas condições. Primeiro, devem ser construídos sob uma base de princípios e conceitos claramente compreensíveis; segundo, as operações envolvidas devem ser significativas (AUSUBEL, NOVAK; HANESIAN, 1980).

O experimento deve sempre valorizar as concepções prévias dos estudantes, sendo caracterizado por trabalhar os conteúdos científicos envoltos em uma abordagem histórica, cultural e social que leve o estudante ao desenvolvimento de uma capacidade de raciocínio e não ter como objetivo principal a fixação do conteúdo apresentado na aula teórica.

Uma aprendizagem que tenha como ambiente uma comunicação eficaz, respeite e conduza o estudante a imaginar-se como parte integrante desse novo conhecimento por meio de elos, de termos familiares a ele pode ser considerada uma aprendizagem significativa e é o que se almeja. O professor pode diminuir a distância entre a teoria e a prática na escola, capacitando-se de uma linguagem que ao mesmo tempo desafie e eleve o estudante a refletir, conhecendo a sua realidade e seus anseios.

Tudo o que foi discorrido anteriormente sobre as atividades experimentais como ferramentas de ensino-aprendizagem, pode ser sintetizado na Figura 9, que busca de uma maneira bem simples apontar como essas atividades podem colaborar com a aprendizagem significativa.

Figura 9 – Fluxograma sobre as atividades experimentais como ferramentas de ensino-aprendizagem



Fonte: Registrada pelo autor

Legenda: no fluxograma, é possível observar fatores que fomentam as atividades experimentais como ferramentas de ensino aprendizagem.

### **3 METODOLOGIA**

Os procedimentos que levaram ao desenvolvimento do produto educacional que deu origem a este trabalho estão intrinsecamente relacionados à prática de sala de aula deste autor e à sua experiência ao longo de nove anos nesta atividade. Nesse sentido, este capítulo versa sobre o processo de construção e aplicação do produto educacional proposto que será apresentado a seguir.

#### **3.1 A Criação do Produto Educacional**

O produto educacional foi pensado e desenvolvido de acordo com a prática de sala de aula do autor que, ao longo de anos como docente, solidificou e adquiriu um conhecimento razoável acerca das dificuldades encontradas pelos docentes na construção e mediação do conhecimento junto aos estudantes. Desta forma, o produto educacional se configura como uma ferramenta didática com um potencial interessante, no sentido de colaborar no ensino significativo dos conceitos acerca do Princípio de Arquimedes.

O produto desenvolvido consiste em duas sequências didáticas experimentais que pretendem demonstrar de forma significativa para os estudantes a relação entre o valor da força de empuxo num corpo imerso na água e o respectivo peso do fluido deslocado, possibilitando a partir da observação, a construção do conhecimento que culmina numa equação capaz de estabelecer as relações observadas na prática.

As sequências didáticas são antecedidas por um questionário que assume o papel de organizador prévio, possibilitando ao estudante a percepção de que o que ele sabe não é o suficiente para explicar situações mais amplas, ou seja, o estudante passa a entender que ele precisa conhecer mais sobre o assunto em questão. Também é apresentado, após o questionário, um experimento desencadeador de questionamentos que, ao ser apresentado aos estudantes, tende a provocar questionamentos pertinentes, aguçando a curiosidade e também possibilitando ao professor fazer uma análise sobre os conhecimentos prévios que os estudantes têm ao tentarem explicar uma observação.

As duas sequências propostas integram teoria e prática em que, ao seguir roteiros pré-estabelecidos que foram pensados de forma que os estudantes precisam associar seus conhecimentos com fatos observados, eles experimentam e mensuram

diferentes registros de forças num dinamômetro com o intuito de determinar a força de empuxo sobre corpos submersos em fluidos, relacionando o valor dessa força com o valor do peso do líquido deslocado.

Uma ideia fundamental sob a qual o produto foi elaborado refere-se ao fato de que o professor não deve ignorar os conhecimentos que os estudantes já têm acerca de determinado assunto, nesse caso, sobre a força de empuxo. A construção e aplicação do produto foi desenvolvida de tal forma que sempre se possa levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes. Dessa forma, se efetiva uma aprendizagem significativa sobre os temas e conteúdos que serão trabalhados em que, conforme Moreira (2001), tal perspectiva de aprendizado não é apenas uma mera transmissão mecânica de conhecimento.

Assim, tomando como referência esses conceitos, a idealização do produto vai totalmente de encontro a aprendizagem significativa, na qual o conhecimento é construído nas estruturas cognitivas dos estudantes.

### **3.2 Aplicação do Produto Educacional**

O produto educacional foi aplicado em uma turma do 9º Ano do Ensino Fundamental do Colégio Pastor Dohms, unidade de Capão da Canoa/RS, no ano de 2017, composta por 35 estudantes, com idades ente 14 anos e 15 anos, de acordo com o Plano de Ensino da Instituição, que prevê os conceitos de hidrostática no componente de Física desta série.

A aplicação das sequências didáticas que compõem este produto, não necessita de grandes aparatos físicos, não necessitando ser feita em laboratório, caso o professor disponha de todos os materiais necessários. Assim, não necessariamente a instituição de ensino precisa ter um laboratório de Física para que elas sejam postas em prática. Na realização deste trabalho, durante a aplicação das sequências didáticas, os estudantes foram levados ao laboratório de Física da escola, onde os experimentos já estavam prévia e parcialmente montados.

Este produto constitui-se de ferramenta interessante para o ensino do Princípio de Arquimedes e, caso o professor decida aplicá-lo, seja como ferramenta auxiliar ou mesmo como ferramenta principal de ensino, é de suma importância que outros conceitos físicos já estejam bem construídos junto às estruturas cognitivas dos

estudantes, para que possam subsidiar as explicações dos fenômenos que serão observados durante a realização dos experimentos.

Uma vez aplicadas as sequências didáticas, que possibilitarão aos estudantes estabelecerem uma relação entre a força de empuxo e o peso do líquido deslocado, o professor pode posteriormente, através da didática que entender mais pertinente, demonstrar para seus estudantes a origem da força de empuxo a partir da diferença de pressão sobre o corpo imerso. Para isso, é importante que os estudantes tenham um bom nível de conhecimento sobre os seguintes conceitos físicos: força, Leis de Newton, densidade, pressão, Princípio de Stevin e Princípio de Pascal.

### **3.3 Sobre a Aplicação das Sequências Propostas**

As sequências didáticas que compõem este Produto Educacional foram pensadas numa ordem de procedimentos que visam desenvolver junto aos estudantes, uma linha de raciocínio lógico que acompanha o desenvolvimento do experimento e, ao mesmo tempo, gera expectativas para os próximos passos do seu roteiro. Dessa forma, o estudante é o responsável por cumprir todas as etapas previstas nas sequências didáticas, sendo orientado a evitar erros de leitura nas medidas, além de ter rigor nas anotações e cálculos realizados para que cada etapa proposta seja concluída com qualidade. Nesse sentido, os procedimentos planejados para a aplicação das sequências didáticas também visam corroborar para o desenvolvimento da autonomia do estudante e, por conseguinte, da sua responsabilidade na correta execução de cada passo das sequências.

Ao adotar as sequências deste produto como metodologia de ensino para o Princípio de Arquimedes, sugere-se que o professor, além de estar seguro sobre todos os passos que estruturam as sequências didáticas, realize-as antes da execução final, justamente para verificar se todos os equipamentos necessários estejam de acordo.

Além disso, é interessante que o professor, antes de aplicar as sequências com seus estudantes, desenvolva-as em caráter prévio no laboratório, para além de se familiarizar com os procedimentos sugeridos, possa diagnosticar as possíveis dificuldades que os estudantes poderão encontrar, ou ainda, identificar situações entre os passos sugeridos em que ele, o professor consiga, por meio de questionamentos, instigar seus estudantes a explicar os fenômenos observados ou prever resultados de acordo com seus conhecimentos internos.

O tempo para a aplicação de cada uma das sequências didáticas propostas deve ser definido pelo professor, de acordo com as características de sua turma. Conforme a experiência deste autor, dois períodos de aula se constitui tempo suficiente para a aplicação da primeira prática sugerida, pois é preciso em ordem: aplicar um questionário (organizador prévio), executar o experimento desencadeador de questionamentos e aplicar a 1ª sequência. Para a 2ª sequência também são sugeridos dois períodos, pois, mesmo que a aula já comece a realização da sequência, é necessário realizar após ela outro questionário, que possibilitará ao professor diagnosticar o nível do conhecimento construído junto aos estudantes. É importante frisar que, o tempo necessário para a aplicação das sequências, pode e deve variar de acordo com o retorno que os estudantes devolvem ao professor durante os questionamentos e execução dos passos sugeridos.

Durante a aplicação de qualquer uma das sequências didáticas sugeridas neste trabalho, é essencial que o professor esteja atento as demandas que podem surgir na realização das práticas, nas quais as dúvidas dos estudantes devem ser potencializadas como elementos de aprendizagem, ou seja, cabe ao professor, por meio dos questionamentos/respostas deles, fomentar discussões que possibilitem aos estudantes buscar explicações lógicas com base em seus conhecimentos internos para explicar o observado, caracterizando assim, um conhecimento construído a partir do que o estudante previamente já sabia.

## **4 PROCEDIMENTOS PARA A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

Para a aplicação das sequências didáticas propostas neste Produto Educacional, é importante que o professor observe com cuidado os itens deste capítulo e, se julgar necessário, deve fazer adequações de acordo com sua realidade de escola, como por exemplo, grupos maiores ou menores de acordo com o espaço físico ou o número de materiais disponíveis, entretanto, não é aconselhável que o professor altere a ordem dos procedimentos adotados em cada sequência didática.

### **4.1 Organização dos Grupos de Alunos**

As ferramentas de ensino-aprendizagem que estão sendo propostas neste trabalho, foram desenvolvidas para serem aplicadas como atividades em pequenos grupos (entre quatro e seis estudantes), não apenas pela disponibilidade de material, mas também pela atividade de grupo em si, na qual a colaboração entre estudantes deve ser elemento presente no desenvolvimento das sequências didáticas.

A organização é uma prerrogativa para qualquer trabalho em grupo apresentar um resultado satisfatório e, na aplicação das sequências didáticas que compõem este produto, isso não é diferente. Nesse sentido, deve haver por parte do professor uma organização prévia do material físico que será utilizado na aplicação das sequências experimentais.

Importante que o professor também faça a organização dos grupos que irão executar as práticas. Um motivo importante pelo qual se faz necessária essa organização prévia dos grupos está relacionado ao caráter cognitivo. O professor deve organizar os grupos de tal forma que cada um deles contenha estudantes que tenham maior facilidade no componente de Física com outros estudantes que não o tenham, deixando os grupos com aspecto mais heterogêneo possível. Isso é importante para que, durante a aplicação das sequências didáticas, as atividades realizadas nos grupos aconteçam de forma paralela.

Essa organização tende a garantir um bom andamento da atividade e deve ser realizada exclusivamente pelo professor de acordo com as características de cada estudante, embora muitas vezes eles prefiram montar os grupos de acordo com afinidades o que quase sempre acaba resultando em grupos não heterogêneos, o que obviamente deve ser evitado.

## 4.2 Materiais Utilizados e Organização do Espaço

Para a realização das duas sequências didáticas que aqui estão sendo propostas, o professor deve disponibilizar para cada grupo de estudantes os seguintes materiais:

- a) 1 dinamômetro;
- b) 1 suporte para dinamômetro;
- c) 2 recipientes ou canecas graduados de forma que se possa medir o volume;
- d) 1 balança de precisão ou de contrapeso;
- e) tomada 127V ou 220V ou pilhas (de acordo com a balança);
- f) 1 pires ou recipiente similar;
- g) 1 corpo metálico regular que caiba com relativa folga dentro dos recipientes ou canecas;
- h) água suficiente para encher os dois recipientes ou canecas;
- i) régua.

Na aplicação deste Produto Educacional, é muito importante que o professor, de forma antecipada, deixe o espaço onde será realizada a atividade já organizado. Para cada grupo de estudantes deve haver um kit com os materiais acima citados, já predispostos onde o grupo irá se acomodar. Isso é importante no sentido de otimizar tempo, demonstrar organização e tentar evitar a dispersão dos estudantes. Se a escola não dispuser de número suficiente de materiais, como por exemplo, balanças ou dinamômetros, organize o espaço de forma que dois ou mais grupos possam compartilhar o mesmo material.

Uma vez que os grupos se acomodam em seus respectivos lugares, é importante fazer a conferência dos materiais que compõem o kit. Questione os grupos no sentido de fazer essa conferência e, além disso, é importante que os estudantes observem se tudo está efetivamente funcionando.

Essa conferência dos materiais naturalmente já foi realizada anteriormente pelo professor, mas é interessante que os estudantes percebam que esse procedimento é importante para a realização de uma atividade experimental, pois, se algum material faltar ou não funcionar durante a realização da atividade, além de interromper o

experimento em si, inviabiliza uma linha de raciocínio e provavelmente provocará desordem na aula.

Quando o professor dispuser os materiais para cada grupo, é interessante que, de forma proposital, ele deixe o dinamômetro descalibrado para que os estudantes tomem conhecimento disso e executem a correta calibragem do instrumento. Se ele for analógico, o professor deve explicar para seus estudantes o que é um erro de leitura por paralaxe<sup>1</sup>. Além disso, caso a balança disponível seja digital, o professor deve demonstrar para seus estudantes como fazer a tara do pires (procedimento semelhante ao que restaurantes de comida à quilo usam, descontando a massa do prato).

Uma vez que os grupos estão organizados e acomodados, com os materiais já conferidos e tendo consciência de como fazer a calibragem do dinamômetro, o professor pode dar início à aplicação dos organizadores prévios.

### **4.3 Aplicação de Organizadores Prévios**

Antes da aplicação da primeira sequência didática que compõe este Produto Educacional, é importante que o professor execute um período que, além de permitir a sondagem para ter uma noção do grau de conhecimento que os estudantes têm acerca do Princípio de Arquimedes, também proporcione um momento de organização da estrutura hierárquica de conhecimento deles. Importante frisar que esses conhecimentos podem ser de senso comum ou prático e são de extrema importância para o professor no sentido de tangenciar a condução da aula.

Esse período, antes do desenvolvimento de qualquer conceito ou aplicação de uma prática, é extremamente necessário, pois é o momento em que o professor, usando de estratégias que serão demonstradas nos próximos itens, consegue diagnosticar os conhecimentos prévios que os estudantes têm ancorados em suas estruturas cognitivas, conhecimentos esses que, por muitas vezes, são rasos e construídos de forma equivocada, logo, precisam ser reconstruídos e potencializados como elementos de conexão para novos conceitos que serão construídos ou ampliados de forma correta.

---

<sup>1</sup>Erro de paralaxe: Erro constituído pela leitura equivocada de uma unidade de medida em função de como o observador faz a leitura. Em dinamômetros analógicos, se o observador efetuar a leitura olhando de cima ou de baixo, pode coletar dados não condizentes. Para a obtenção de dados corretos, é preciso que o observador faça a leitura na direção horizontal e no mesmo nível do leitor do aparelho.

Ter a consciência do grau de conhecimento prévio que os estudantes têm acerca de um assunto e a qualidade desses é imprescindível para o professor poder traçar metodologias que contemplem, sempre que possível, todos os estudantes em sua integralidade ou o mais perto disso. Levando isso em consideração, o período de sondagem se constitui como parte do processo de ensino-aprendizagem e é elemento importante quando se planeja desenvolver junto aos estudantes uma aprendizagem significativa, na qual os conceitos desenvolvidos junto ao aprendiz façam sentido.

Como ferramentas que se constituem de organizadores prévios, são desenvolvidos a seguir, um questionário cujas indagações pretendem despertar inquietações e reformulações no cognitivo do estudante e também uma atividade aqui chamada de “experimento desencadeador de questionamentos”.

#### 4.3.1 Questionário

Uma vez que os grupos de estudantes já se encontrarem acomodados no local determinado pelo professor, o mesmo pode começar a aplicação de perguntas pré-elaboradas que visam a desacomodação e organização da estrutura cognitiva dos estudantes no sentido de tentarem explicar algumas situações que provavelmente já tenham sido experimentadas por eles.

Aqui serão reproduzidas as questões (APÊNDICE C) que foram apresentadas aos estudantes na aplicação do Produto Educacional e também serão citadas algumas das respostas dadas por eles, respeitando as falas, estando corretas ou parcialmente corretas. Para não gerar nenhum desconforto, os estudantes serão representados por letras maiúsculas.

As questões apresentadas aos estudantes neste primeiro momento foram as seguintes:

- a) Você já deve ter percebido que suspender uma pessoa no colo dentro da água ou outro objeto parece ser mais fácil. Como você explica isso?

Resposta estudante X: *“professor, isso acontece porque dentro da água as coisas ficam mais leves, pelo menos é o que eu observo”.*

Resposta estudante Z: *“professor, acho que é porque dentro da água o corpo pesa menos”.*

Resposta estudante Y: *“professor, eu entendo que se eu faço menos força para suspender o corpo dentro da água, é porque a água me ajuda a segurar o corpo”*.

Resposta estudante W: *“professor, se a água está ajudando a sustentar o corpo, então a água também está fazendo força para cima, pois eu tenho que fazer menos força para cima também”*.

- b) Considerando a questão anterior, parece então que os corpos imersos em fluidos ficam sujeitos a uma força que “ajuda” a suspender eles para cima. Você acredita que essa força depende do volume “tamanho” do corpo?

Resposta estudante T: *“acho que não professor, acho que depende só do peso do corpo”*.

Resposta estudante Z: *“professor, parece não fazer sentido, pois, quanto maior o corpo, maior o peso, então vai dar elas por elas”*.

Resposta estudante H: *“acredito que sim, mas não sei como estão relacionadas. Tipo, se o professor está perguntando é porque deve ter a ver”*.

- c) Imaginem dois corpos de mesma massa (mesmo peso), mas com volumes diferentes, como por exemplo, uma bola de futebol e uma xícara. Se eles forem abandonados simultaneamente, dentro da água, na metade da profundidade de uma piscina. O que você acha que vai acontecer com eles?

Resposta estudante R: *“essa é fácil professor, a xícara vai descer e a bola vai subir”*.

Resposta estudante D: *“professor, se os dois têm o mesmo peso, então ou os dois descem juntos ou sobem juntos”*.

Resposta estudante F: *“professor, eu sei por experiência própria. Já tentei por uma bola debaixo da água e ela vem para cima e também já percebi quando largo uma xícara dentro de uma bacia que tem água, na pia da cozinha, a xícara afunda”*.

Resposta estudante Z: *“então professor, faz sentido o que o colega F falou. Se a bola sobe é porque tem mais força sobre ela. Como a bola tem tamanho maior, acho que o volume do corpo tem a ver com a força que empurra para cima”*.

- d) Imaginem a seguinte situação: duas pessoas A e B então nadando em águas profundas do mar e de um rio, respectivamente. Quando elas cansarem, qual delas terá mais facilidade de boiar para descansar a musculatura?

Resposta estudante N: *“não faz diferença professor, os dois vão boiar com a mesma facilidade, pois eles estão na água”.*

Resposta estudante X: *“a água do rio parece ser mais pesada, eu já nadei num. Acho que boiar no rio é mais fácil”.*

Resposta estudante W: *“professor, eu vi uma foto de uma pessoa boiando no mar morto, ela conseguia ver uma revista enquanto boiava, não sei se num rio daria pra fazer isso”.*

Resposta estudante H: *“olha professor, acho que no mar a pessoa tem mais facilidade de boiar, porque tem sal na água. Eu não consigo boiar na lagoa que tem lá no sítio do pai, mas aqui na praia eu consigo quando não tem muita onda”.*

- e) Imaginem um navio que flutua em repouso na superfície das águas calmas do mar. Quantas forças você pensa que existem atuando no navio e qual a relação entre elas?

Resposta estudante R: *“acho que nenhuma, professor, pois o navio está parado”.*

Resposta estudante Z: *“tem sim professor, tem a força peso e a força que a água está fazendo pra cima. Só não sei a relação entre elas”.*

Resposta estudante H: *“professor, se tem essas duas forças no navio, elas meio que devem se equilibrar, tipo, as duas têm o mesmo valor”.*

Resposta estudante T: *“ah, é mesmo professor, se o navio está flutuando, nenhuma das forças deve ganhar. A força que a água faz pra cima deve valer o mesmo tanto que o peso do navio”.*

As questões apresentadas, anteriormente aos estudantes, procuraram apresentar a necessidade de uma força na vertical para cima para explicar as situações problemas. Além disso, cada questão buscou evidenciar fatores dos quais a força de empuxo depende para que, mais tarde, no desenvolvimento das sequências didáticas, os estudantes relacionem esses fatores com a prática experimental.

Neste primeiro instante, não é pertinente que o professor faça intervenções no sentido de tangenciar as respostas, esse não é o objetivo. Os estudantes ao serem apresentados às situações problemas de cada questão devem, por conta da organização de seus conhecimentos internos, procurarem respostas.

Para o professor que adotar as sequências didáticas propostas neste Produto Educacional como ferramenta didática, fica a sugestão de adequar as questões deste

questionário de acordo com as características de suas turmas ou da maneira que entender mais construtiva. Mas é importante que este questionário seja previamente aplicado, antes do desenvolvimento dos conceitos acerca da força de empuxo, pois ele é a ferramenta chefe na organização dos conhecimentos prévios dos estudantes.

#### 4.3.2 Experimento desencadeador de questionamentos

Após a aplicação do questionário e antes da aplicação das sequências didáticas que compõem o Produto Educacional, é proposto a realização de um experimento extra que visa, além de colaborar para diagnosticar o que o estudante já sabe sobre o assunto, despertar a curiosidade dele, potencializando uma aprendizagem significativa. Esse experimento corrobora com as ideias defendidas por Paula (2008), as quais afirmam que o professor deve provocar a aprendizagem, planejando uma aula cujas atividades nela propostas instiguem o estudante a buscar respostas, exercitar as diferentes possibilidades de soluções para um determinado problema.

O experimento desencadeador de questionamentos constitui-se de uma breve prática experimental que tem por finalidade principal, além de potencializar a organização da estrutura cognitiva do estudante, concentrar eles e trazê-los para aula, despertando seu interesse em querer aprender, ou seja, trata-se de uma estratégia para potencializar a investigação de um fenômeno.

A facilidade com que os estudantes aprendem determinado conceito está relacionada com a facilidade que eles têm em processar cada informação, ou seja, nem todos os estudantes aprendem da mesma forma. Para Santos (2008), existem três maneiras de processar a informação e fixá-las na memória que são: a visual (aprendizagem por visão), a auditiva (aprendizagem por audição) e a sinestésica (aprender interagindo, fazendo sentido); sendo assim, essa atividade proposta proporciona um espaço no qual as três maneiras de processar uma informação, de acordo com o autor supramencionado, são contempladas, ao passo que os estudantes observam, escutam os questionamentos direcionados do professor, discutem e interagem tentando explicar o observado com base em associações com seus conhecimentos prévios.

O experimento desencadeador de questionamentos deve ser realizado apenas pelo professor antes da primeira sequência didática, quando os estudantes já

estiverem organizados em seus respectivos grupos. Ao realizar o experimento desencadeador de questionamentos, o professor deve se certificar de que todos os estudantes observaram os resultados.

Esse experimento trata-se de uma atividade extra que será aqui proposta e é apenas uma sugestão de prática, portanto, se o professor quiser realizá-la ou fazer outras práticas que colaborem no sentido de desencadear questionamentos por parte dos estudantes, despertando sua atenção, fica a seu critério.

São necessários para montagem do experimento os seguintes materiais:

- a) balança em formato de T;
- b) 1 metro de arame fino e maleável;
- c) dois corpos idênticos em massa e volume;
- d) 2 recipientes;
- e) água para encher os recipientes;
- f) suporte para a balança em forma de T.

Para fazer a montagem da balança em T, foi utilizado um pedaço de cano PVC de comprimento L e três pedaços de arames maleáveis de mesmo tamanho, no qual um deles foi fixado no centro geométrico do cano, que coincide com o centro de massa e os outros dois pedaços foram fixados nas extremidades, onde foram pendurados os corpos idênticos. É importante que na montagem da balança, fique na ponta livre dos arames um gancho para pendurar o próprio T assim como os corpos conforme pode ser observado na Figura 10.

Quando o sistema foi montado no ar para deixar em equilíbrio estático na horizontal, é bem possível que algumas pequenas correções precisem ser feitas deslocando o arame que está enrolado no cano de PVC mais para um lado ou outro. A balança que será apresentada na Figura 10 a seguir foi pensada de modo que sua construção fosse relativamente fácil, mas se o professor quiser desenvolver um sistema mais elaborado com outros materiais, fica a seu critério.

Figura 10 – Balança de braços iguais em equilíbrio estático horizontal no ar



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: nesta figura, o sistema em equilíbrio estático na horizontal demonstra que os corpos suspensos nas extremidades têm a mesma massa.

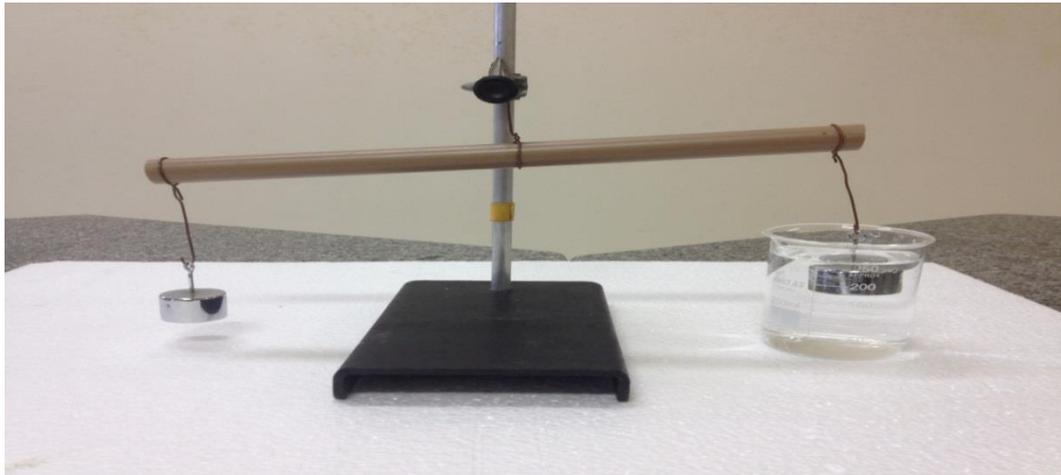
Uma vez que o sistema está em equilíbrio estável, alguns questionamentos pertinentes podem ser realizados, isso com o intuito de relembrar conceitos mais antigos e que, ao final, devem refletir no fato de que qualquer mudança no equilíbrio se deve à existência de uma força resultante não nula, não importando o nome que damos a ela. Dentre alguns questionamentos, podem ser feitos os seguintes:

- a) Quais são as forças que atuam no sistema?
- b) Em que direção e sentido estas forças atuam?
- c) Se o suporte que sustenta a balança em formato de T está no centro geométrico do sistema, qual a relação entre os pesos dos corpos nas extremidades?
- d) O que precisaria acontecer para que o sistema saia do equilíbrio estável?
- e) Se um dos corpos for submerso parcialmente ou integralmente dentro de um líquido, como por exemplo, água, o que aconteceria com o sistema?
- f) Se mudarmos a densidade do líquido, o resultado seria diferente?

Importante frisar que nestes questionamentos, poderia ser abordado questões que fizessem alusão ao momento de forças para deixar o sistema em equilíbrio, porém, estudantes do nono ano do Ensino Fundamental dificilmente terão esses conceitos construídos em suas estruturas internas.

Quando o professor entender que o momento é propício e que já conseguiu extrair as previsões de seus estudantes, tendo a atenção e a dimensão do conhecimento deles, pode agora, vagarosamente, baixar o sistema de forma que um dos corpos adentre um recipiente com água, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11– Sistema em desequilíbrio horizontal na água



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: o equilíbrio horizontal é rompido, pois o corpo da extremidade da direita, ao ser imerso na água, fica sujeito a uma força vertical para cima, denominada empuxo.

Uma vez que o sistema se encontre em novo equilíbrio estático, agora com um corpo imerso no ar e outro dentro da água (Figura 11), o professor deve questionar os estudantes se a previsão teórica por eles formulada foi satisfeita e, se não, instigá-los a pensar no porquê do resultado obtido e que explicações poderia haver para a nova configuração do sistema.

Dessa maneira, os estudantes começam a se questionar a respeito dos resultados observados e isso é bom, pois desperta certa curiosidade, o que certamente colaborará para o bom andamento das atividades posteriores.

Após a aplicação desta breve atividade, a tendência é de que os estudantes estejam aptos para seguir adiante com as sequências didáticas, porém, o professor deve certificar-se que, por meio do experimento desencadeador de questionamentos, conseguiu desacomodar seus estudantes e que eles estão prontos para a aplicação das sequências didáticas. A interatividade dos estudantes durante a aplicação do experimento desencadeador de questionamentos é um bom indicativo do quanto eles estão aptos a prosseguir.

Todos os procedimentos, que antecedem à aplicação da primeira e segunda sequência didática, podem ser resumidos no fluxograma da Figura 12, onde de maneira prática são relacionados procedimentos importantes essenciais para o desenvolvimento significativo dos conceitos relacionados à força de empuxo em corpos imersos em fluidos.

Figura 12 – Fluxograma sobre procedimentos importantes que devem ser adotados antes da aplicação das sequências didáticas



Fonte: Registrado pelo Autor

Legenda: na figura, são organizados alguns procedimentos importantes que devem ser adotados para a aplicação das sequências didáticas propostas neste trabalho, no sentido de colaborar com o sucesso na construção dos conceitos.

## **5 ROTEIRO E APLICAÇÃO DA 1ª SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Uma vez que os estudantes já estavam organizados em seus respectivos grupos e inquietos após a realização do questionário e do experimento desencadeador de questionamentos, foi dado início a aplicação da primeira sequência didática, onde o professor começou a orientar os passos que os grupos deveriam seguir (APÊNDICE A), ao realizar o passo a passo indicado pelo professor, além de garantir um bom desempenho na aplicação da sequência, os estudantes estão praticando a autonomia, pois devem, a partir da interpretação de cada procedimento, executá-los sozinhos. Além disso, o cumprimento das orientações fomenta o trabalho em grupo, pois os estudantes precisam dialogar com seus colegas acerca dos passos que devem ser seguidos.

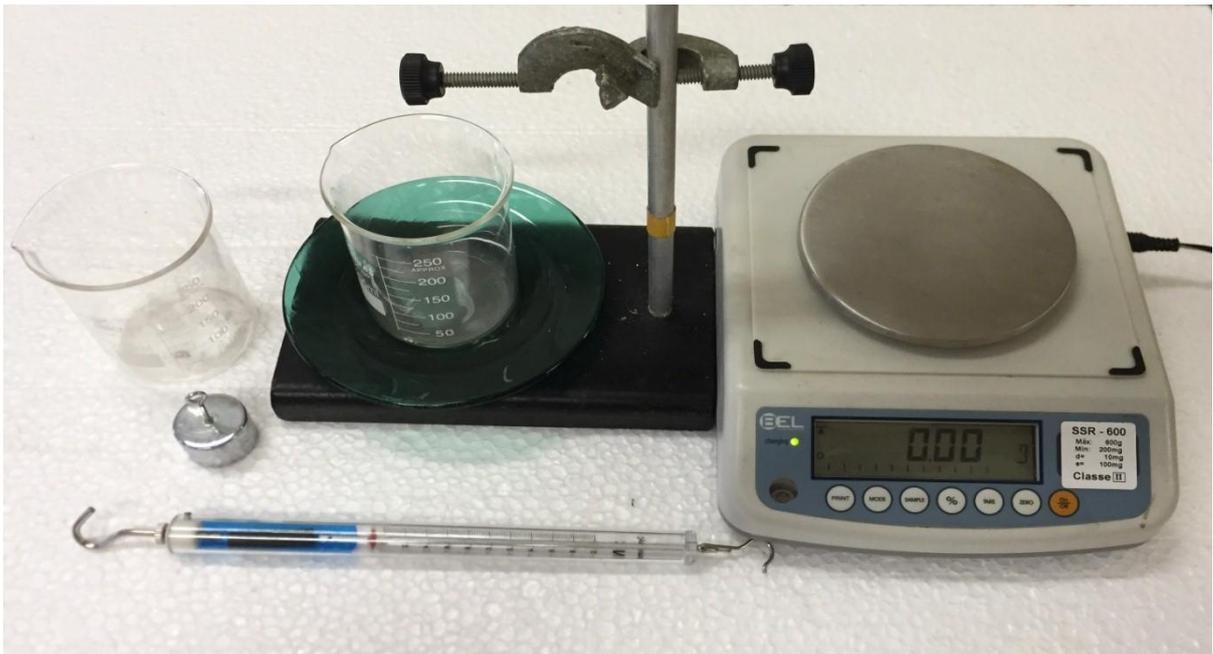
### **5.1 Conferência dos Materiais Utilizados**

Para a realização da prática experimental, os materiais que seriam utilizados pelos estudantes já estavam previamente organizados para cada grupo, mas mesmo assim, o professor deve fazer a conferência dos materiais necessários para prática junto aos estudantes, de modo que eles também testem se tudo está funcionando para não haver imprevistos na realização da atividade. Lembrando que os materiais necessários para a realização da primeira sequência didática são estes detalhados na Figura 13.

- a) 1 dinamômetro;
- b) 1 suporte para dinamômetro;
- c) 2 recipientes ou canecas;
- d) 1 balança de precisão ou de contrapeso;
- e) 1 tomada 127V ou 220V ou pilhas (de acordo com a balança);
- f) 1 pires ou recipiente similar;
- g) 1 corpo metálico regular;
- h) água suficiente para encher os recipientes.

Importante salientar que todos os seis grupos que participaram da aplicação desta sequência, utilizaram corpos idênticos para serem submersos na água, para facilitar a comparação com os dados obtidos pelos demais grupos, tanto no registro do peso, volume de líquido deslocado e empuxo registrado.

Figura 13 – Materiais utilizados na sequência I



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura, é possível observar alguns dos materiais utilizados, da esquerda para direita, recipiente, corpo regular, pires, dinamômetro, suporte e balança de precisão.

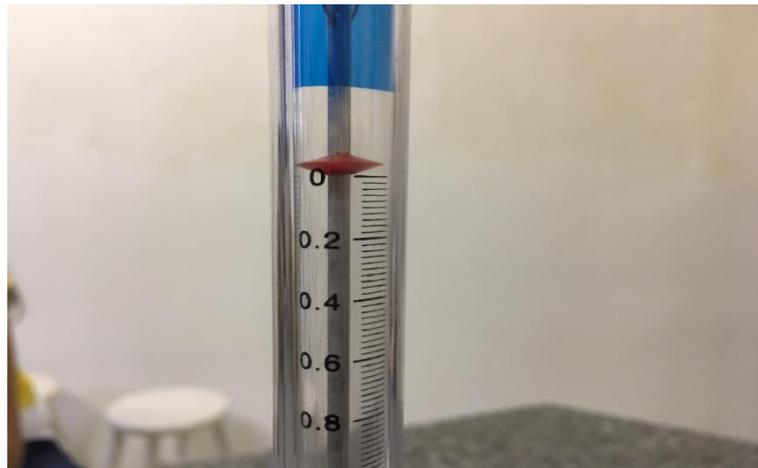
Durante a conferência dos materiais que seriam utilizados não surgiu nenhum questionamento pertinente por parte dos estudantes que mereça ser citado neste momento.

## 5.2 Calibragem do Dinamômetro

Neste passo, os estudantes foram orientados a pendurar o dinamômetro descalibrado (deixado assim propositalmente pelo professor) no suporte (Figura 14) e fazer a calibragem do instrumento, como demonstrado na Figura 15. O professor deve instruir os estudantes em como fazer a calibragem do dinamômetro e, se for o caso, explicar o que é o erro de leitura por paralaxe, para que este seja evitado.

É importante que todos os estudantes tenham conhecimento de que o dinamômetro é um instrumento que é capaz, por meio da deformação de uma mola, medir o peso dos corpos nele suspensos e em equilíbrio. A seguir, pede-se para os estudantes observarem a escala de leitura do dinamômetro para que não haja erro de medida no momento de mensurar o peso do corpo que será suspenso.

Figura 14 – Dinamômetro descalibrado



Fonte: Registrada pelo autor

Legenda: na figura é possível observar que o marcador do dinamômetro não está no marco inicial zero.

Neste passo, alguns questionamentos interessantes surgiram por parte dos estudantes, entre eles, pode-se destacar:

“Professor, o que significa fazer a calibragem?”

“Professor, como a gente evita esse tal erro de paralaxe?”

“Professor, como a gente descobre a escala do dinamômetro?”

Naturalmente, todos os questionamentos dos estudantes foram respondidos, mas de forma construtiva, relacionando a resposta com outros exemplos.

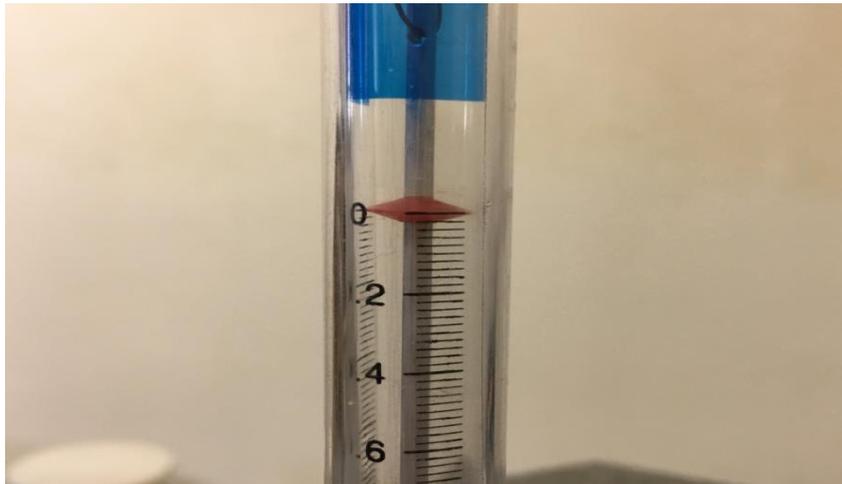
Para o questionamento acerca da calibragem, foi explicado que um dispositivo deve começar a medir uma grandeza a partir no marco inicial zero, como por exemplo, uma balança do açougue, deve medir a massa de carne comprada a partir da marcação inicial 0 gramas (zero gramas) e não 10 gramas, por exemplo.

Para o questionamento acerca do erro de paralaxe, foi explicado que, de acordo como se faz a leitura das horas num relógio de ponteiros, pode-se obter diferentes

leituras dependendo da posição do observador. Por isso, a leitura deve ser realizada de frente para o relógio.

Para o questionamento acerca da graduação do dinamômetro, foi explicado que cada espaço demarcado corresponde à um valor de força, relacionando com as marcações de uma régua, em que cada espaço pode corresponder a 1mm, por exemplo.

Figura 15 – Dinamômetro calibrado



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: com o dinamômetro devidamente calibrado, é possível visualizar que o marcador do instrumento coincide com o marco zero.

Após todos os grupos terem realizado a calibragem do dinamômetro e compreendido a escala com que eles medem a força, os estudantes seguiram para o próximo passo.

### 5.3 Calibragem e Tara do Pires

Neste passo, os estudantes foram orientados a ligarem a balança, que já está previamente conectada à fonte de energia e observarem se ela estava calibrada, conforme Figura 16, caso contrário, eles deveriam fazer isso apertando na tecla “zero”. Após realizarem esse procedimento, foram orientados a colocarem o pires em cima da balança de modo a medir sua massa e apertarem a tecla “tara” para descontar a massa do pires, zerando a leitura da balança, conforme representado na Figura 17. Foi explicado para os estudantes que este procedimento é idêntico ao adotado por restaurantes que vendem comida a quilo, em que a massa do prato já

está previamente descontada na balança. Antes mesmo desta fala pelo professor, já havia relato de um aluno que dizia: “igual no restaurante”. Na aplicação desta sequência, nenhum grupo estava usando balança de contrapeso, mas caso algum grupo esteja usando, devem ser orientados para anotarem a massa do pires para que esta seja descontada posteriormente.

Figura 16 – Balança calibrada



Fonte: Registrada pelo autor.

Figura 17 – Massa do pires descontada (depois da tara)



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na Figura 16, é importante frisar que a calibragem desse modelo de balança se faz através da tecla “zero” e na Figura 17, para fazer a tara do pires, é preciso pressionar a tecla “tara” quando o pires estiver sobre a balança já calibrada.

#### 5.4 Medindo o Peso do Corpo

Com o dinamômetro já fixado no suporte e devidamente calibrado (Figura 18), os estudantes foram orientados a pendurarem no dinamômetro o corpo que será mergulhado na água (Figura 19) e fazerem a leitura da força nele registrada. Neste momento, eles foram orientados para prestarem atenção na escala de leitura do dinamômetro. O corpo que está na Figura 16 pode ser substituído, por exemplo, por uma pilha grande.

Figura 18 – Dinamômetro fixado no suporte e calibrado



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: nessa imagem, é demonstrado o dinamômetro devidamente calibrado e fixado no suporte que manterá, posteriormente, o sistema suspenso.

Figura 19 – Peso registrado no dinamômetro



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura acima, é demonstrado o corpo já suspenso no dinamômetro, que registra seu peso imerso no ar. Abaixo, é possível visualizar a o recipiente completamente cheio de água posicionado dentro de um pires, onde a água deslocada pela entrada do corpo será acondicionada.

Quando o corpo entrou em equilíbrio estático ao ser pendurado no dinamômetro, a maior dificuldade encontrada pelos estudantes foi a realização da leitura do peso nele indicado, pois, para alguns grupos, o leitor de dinamômetro se encontrava entre duas marcações do aparelho. Os estudantes foram orientados a anotarem valores correspondentes a metade da equivalência de cada graduação.

### 5.5 Posicionamento e Enchimento do Recipiente

Neste passo, os estudantes foram orientados a encher o recipiente com água até a eminência de transbordar e posicioná-lo dentro do pires abaixo do dinamômetro ou pode-se inverter a ordem para facilitar o traslado. Primeiramente o estudante pode posicionar o recipiente vazio embaixo do dinamômetro dentro do pires e com outro recipiente auxiliar encher o primeiro com água até a eminência de transbordar de forma que, quando o suporte for baixado com o conjunto dinamômetro mais corpo, ele entre na água de forma a não bater nas laterais do recipiente. A Figura 20 demonstra a montagem.

Figura 20 – Sistema montado e posicionado



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: a figura acima retrata o momento em que os estudantes já haviam efetuado a leitura do peso registrado no dinamômetro e também haviam feito a conferência se, quando o sistema fosse baixado, o corpo não tocaria as laterais do recipiente.

Durante a aplicação deste passo, as dúvidas que surgiram por parte dos estudantes se restringiam às indagações:

“É assim professor?”

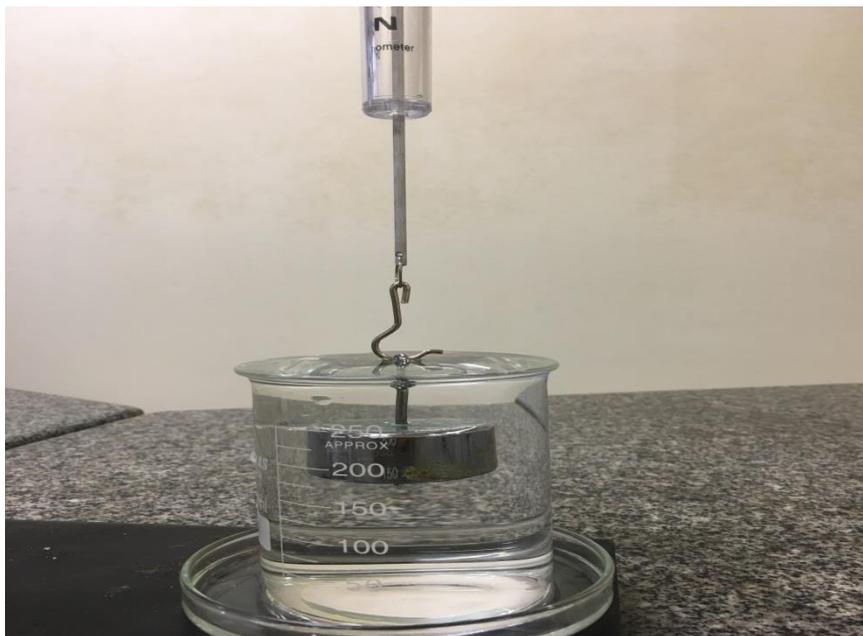
“Desse jeito professor?”

“Professo, nosso grupo fez certo?”

## 5.6 Submergindo o Corpo na Água e Fazendo a Nova Leitura do Dinamômetro

Neste passo, os estudantes foram orientados a baixar o suporte onde o sistema dinamômetro mais corpo estavam pendurados de forma devagar, fazendo o corpo entrar totalmente dentro da água até que a parte superior ficasse logo abaixo da lâmina de água, conforme Figura 21. Os estudantes devem observar que, conforme o corpo vai entrando na água, uma parte dela derrama para fora do recipiente, caindo dentro do pires. Quando o corpo estiver totalmente imerso, derramará uma quantidade  $x$  de água dentro do pires. Nesse momento, os estudantes foram instruídos a anotarem o valor do peso registrado pelo dinamômetro quando o corpo estava em equilíbrio estático debaixo da água, conforme Figura 22.

Figura 21 – Corpo submerso na água



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura, é possível observar o corpo totalmente imerso na água. Com um olhar mais apurado, também é possível perceber um certo volume de água deslocado para dentro do pires.

Durante a imersão do corpo dentro da água contida nos recipientes, em quatro dos seis grupos de estudantes, houve relatos por parte deles mesmos que, o corpo já estava entrando na água, mas que ainda não tinha começado a transbordar água para dentro do pires. Neste momento, os alunos foram orientados a levantar novamente o sistema, secar o corpo e encher um pouco mais o recipiente com água, cuidando para

não cair no pires. Em alguns casos, percebia-se que a tensão superficial da água se constituía de dificuldades para os estudantes entenderem o limite de até onde poderiam encher o recipiente, pois havia casos que o nível da água já se encontrava minimamente acima da borda do recipiente e a água ainda não começara a derramar. Depois de alguns ajustes, tentando minimizar ao máximo o retardo do derramamento de água, o corpo foi imerso na água em todos os seis grupos.

Na Figura 22, é possível observar que a leitura do dinamômetro pode não muito precisa. Os estudantes foram orientados a utilizar uma régua ao lado do dinamômetro para auxiliar na compreensão da leitura da força registrada pelo dispositivo, possibilitando uma melhor compreensão da escala dele ao passo que os estudantes estabeleceram uma relação entre um certo comprimento correspondendo à um valor de força. No caso do dispositivo que aparece na figura supramencionada, a equivalência era de 1cm para 0,2N.

Figura 22 – Nova leitura do dinamômetro



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura acima, é possível observar a nova leitura registrada pelo dinamômetro uma vez que o corpo estava totalmente imerso na água. Através da diferença de leitura registra no instrumento, é possível concluir o valor da força de empuxo oferecido pela água.

Nesta parte da sequência, outra dificuldade encontrada além do retardamento no derramamento da água dentro do pires, foi novamente efetuar a leitura registrada

no dinamômetro. Todos os grupos solicitaram que o professor fizesse a conferência dos dados por eles observados. Como posteriormente, já havia a previsão de fazer uma análise dos possíveis erros, o professor decidiu não conferir a anotação de cada grupo. Eles deveriam trabalhar de forma mais autônoma possível na obtenção dos dados.

### **5.7 Discussão Sobre a Nova Leitura do Dinamômetro**

Como já era esperado, o valor da nova leitura obtida no dinamômetro foi menor do que aquele registrado quando o corpo estava em equilíbrio estático no ar. Neste momento os estudantes foram instigados a discutirem o porquê de o valor da força registrada no dinamômetro ter diminuído e quanto foi a diferença de força encontrada em cada grupo quando o corpo estava suspenso no ar e agora dentro da água. No caso da aplicação desta sequência didática, como todos os corpos utilizados pelos grupos eram idênticos, esperava-se registros de diferença de forças iguais, mas eles destoavam brevemente em função de pequenos erros relacionados com a leitura das forças registradas no dinamômetro. Foi explicado que essa diferença de força registrada fora e dentro da água corresponde à força de empuxo oferecido pela água.

Alguns questionamentos interessantes de alunos surgiram, entre eles:

“Professor, por que a força de empuxo não deu igual para todos os grupos?”

“Professor, onde foi que a gente errou?”

“Professor, se o nosso grupo estivesse fazendo com outro objeto diferente, a força de empuxo seria a mesma?”

Todos os questionamentos foram respondidos pelo professor, mas de forma que potencializassem momentos de reflexão, ou seja, momentos que o estudante fosse induzido a pensar sobre lógicas por trás de seus questionamentos, onde o objetivo do professor não é meramente responder e sim problematizar.

## 5.8 Medindo a Massa da Água Derramada no Pires

Em seguida, os estudantes foram orientados a retirar o objeto de dentro do recipiente com cuidado, levantando cautelosamente o suporte que sustenta o dinamômetro, evitando que derrame mais água para dentro do pires. Posteriormente eles retiraram o recipiente de dentro do pires evitando carregar água junto do dele. A seguir, os estudantes foram instruídos a pegar o pires com água e levar até a balança para medir unicamente a massa da água (pois na balança já foi feita a tara do pires), conforme Figura 23. Caso a balança utilizada fosse de contrapeso, a massa do pires deve ser descontada manualmente. Os estudantes, nesse passo, tiveram que anotar a massa de água que extravasou.

Uma das dificuldades observadas nesta etapa, foi a remoção do recipiente de dentro do pires, pois, como havia água extravasada dentro do pires, na hora de remover o recipiente, era inevitável que uma poção dela, embora pequena, viesse junto com o fundo do recipiente. Os estudantes foram orientados a observar que, por mais cuidado que eles tivessem, parte da água derramada acabaria não sendo pesada na etapa posterior, o que poderia comprometer, mesmo que num grau pequeno, os resultados da prática experimental.

Figura 23 – Massa de água derramada



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: nesta figura, a massa de água correspondente ao volume do corpo imerso é mensurada para posteriormente, ser estabelecida uma relação entre seu peso e a força de empuxo.

### 5.9 Medindo o Peso da Água Derramada

Uma vez que a massa de água estava medida, o professor orientou os estudantes a calcular o módulo do peso dessa massa por meio da equação  $P = m \cdot g$  em que, para encontrar a força em Newtons, a massa deveria estar mensurada em  $Kg$  e a aceleração gravitacional em  $m/s^2$ . Na aplicação deste Produto, em função do volume do corpo utilizado, a massa de água foi encontrada em gramas, logo, houve a necessidade de o professor orientar os estudantes em como converter essa massa para  $Kg$ . Como a aplicação do Produto ocorreu em uma litorânea (Capão da Canoa/RS), os estudantes foram orientados a utilizar como módulo da aceleração gravitacional o valor de  $9,81 m/s^2$ .

Nesta etapa, a maior dificuldade encontrada pelos estudantes foi a conversão da massa de água registrada na balança em gramas para  $Kg$ . Como nesta escola não é permitido o uso de calculadoras, o professor, para facilitar, demonstrou uma regra de três simples com a proporção  $1Kg$  para  $1000g$  e a partir disso, os estudantes deveriam fazer a conversão dos dados obtidos por cada grupo.

Apesar de todos os corpos utilizados pelos os grupos serem idênticos, o peso do líquido derramado não foi o mesmo. Isso aconteceu em detrimento de pequenos nuances que aconteceram desde o retardamento do extravasamento da água

conforme o corpo ia adentrando no líquido até a remoção do recipiente de dentro do pires, que levou uma pequena parcela de água com ele (que acabou não sendo mensurada). Para reunir os dados, foi construída no quadro uma tabela que relacionou os valores encontrados para o peso da água derramada em cada grupo e a respectiva força de empuxo, conforme pode ser observada na Figura 24, que foi um registro in loco dos dados obtidos pelos grupos.

Figura 24 – Dados obtidos pelos grupos para a força de empuxo e o peso da água deslocada

GRUPO	FORÇA DE EMPUXO	PESO DO LÍQUIDO DESLOCADO
G1	0,16 N	0,1546 N
G2	0,15 N	0,1512 N
G3	0,16 N	0,16430 N
G4	0,16 N	0,1572 N
G5	0,15	0,14650
G6	0,16 N	0,1580

Fonte: Registrado pelo autor

Legenda: na figura 24, estão compilados os dados obtidos pelos grupos que participaram da aula onde o Produto Educacional foi implementado. É possível observar que o valor da força de empuxo e do peso do líquido deslocado são bem próximos.

### 5.10 Estabelecendo Relações e Conclusão dos Estudantes

Este passo foi muito importante, pois precedeu uma conclusão dos estudantes. O professor solicitou que eles estabelecessem uma relação entre a força de empuxo que foi obtida no passo 5.7 e o módulo do peso de água derramada que foi encontrado no passo 5.9. O professor já sabia que os valores deveriam ser iguais, mas provavelmente os estudantes não encontrariam o mesmo valor para as duas forças e sim valores próximos. Um estudante relatou:

“Professor, deu quase o mesmo valor para as duas forças”.

No caso da aplicação desta sequência, os valores encontrados por cada grupo, que podem ser visualizados na figura anterior, permitiram que os estudantes rapidamente estabelecessem uma relação entre a força de empuxo e a força peso, estabelecendo uma relação de igualdade. Um estudante questionou assim:

“Professor, mas em nenhum grupo os valores encontrados foram 100% iguais, então é possível chegar à conclusão que as duas forças têm o mesmo valor?”

Essa pergunta foi muito importante, pois foi o momento em que o professor teve a oportunidade de ressaltar o quanto a precisão ou a falta dela na obtenção dos dados pode comprometer os resultados de uma prática experimental e que isso seria discutido numa etapa posterior

Se por ventura, algum estudante pensar que essa situação de igualdade entre os módulos das forças peso (do líquido extravasado) e empuxo sobre o corpo é coincidência, então, se for o caso, o professor pode desafiá-los a fazerem os mesmos passos novamente utilizando outros corpos de formas e massas diferentes e sempre comparar os resultados dos passos 5.7 e 5.9.

Uma vez que os estudantes percebem que a situação de igualdade entre as forças supramencionadas não se tratava de uma coincidência, o professor ratificou com eles a relação de igualdade em valores absolutos tal que  $F_e = P_{ld}$ .

Uma vez estabelecida essa relação, o professor fez indagações pertinentes, que encaminharam os estudantes a discussões que objetivaram que eles chegassem a conclusões sobre quais fatores determinariam o valor da força de empuxo oferecida por um fluido. Alguns alunos concluíram de imediato que, quanto maior o corpo, mais água derramaria, logo, maior o peso dessa água, logo, maior o valor do empuxo.

Outros estudantes chegaram à conclusão que o volume de água extravasado é igual ao volume do corpo que entrou na água, aliás, essa foi uma das primeiras observações que alguns estudantes fizeram para o professor, enquanto realizavam a etapa que correspondia em baixar o sistema até que, o corpo pendurado do dinamômetro, ficasse totalmente imerso (5.6).

Quando questionados, sobre se a densidade do líquido onde o corpo foi submerso interferiria na força de empuxo, um aluno imediatamente respondeu que sim, explicando que, quanto maior a densidade do líquido extravasado, maior seria a massa, logo, maior o peso dele, logo, maior o empuxo,

Quando os estudantes foram questionados sobre se, o mesmo experimento fosse realizado na lua, dentro de uma imaginária estação espacial naquele satélite, o resultado para a força de empuxo seria o mesmo, ouve um silêncio geral. Mas não obstante, outro aluno, que cabe ressaltar, tem habilidades evidenciadas na compreensão dos conceitos Físicos, disse que não, os resultados provavelmente

mudariam porque haveria alteração no peso da água extravasada em função da aceleração gravitacional local.

Depois que o professor entendeu que este passo havia sido bem construtivo, gerando conclusões interessantes e ao mesmo tempo provocando o pensamento reflexivo nos estudantes, foi desenvolvida a próxima etapa da sequência.

### 5.11 Análise de Possíveis Erros

Como os resultados encontrados pelos estudantes, para o valor do módulo da força de empuxo, foram um pouco diferentes do valor do módulo do peso da água extravasada, isso sugere que ocorreram, durante a realização da sequência, pequenos erros que comprometeram os resultados encontrados. Esses erros não foram ignorados, muito pelo contrário, eles foram discutidos no sentido de entender como eles interferiram nos resultados experimentais e como eles podem ser evitados ou minimizados em experimentos posteriores. É importante que se faça essa discussão com os estudantes, pois a análise dos erros num procedimento experimental é tão importante quanto os próprios resultados esperados pela prática. Dentre os possíveis erros diagnosticados pelos próprios estudantes e outros direcionados pelo professor, podem-se destacar:

- a) **erro na calibragem do dinamômetro:** dispositivos iguais aos usados nesta sequência para medir o módulo do peso de objetos, permitem um erro que precisa ser observado, em que se podem obter diferentes leituras de calibragem dependendo do ângulo que o estudante olha para o dinamômetro (erro de paralaxe). Os estudantes deveriam estar atentos às orientações do professor e efetuar as leituras sempre olhando para o dispositivo na direção horizontal e com seus olhos no mesmo nível do marcador que registra a força;
- b) **erro de leitura:** os estudantes podem ter cometido um erro aparentemente simples, anotando valores de forças não correspondentes, uma vez que não observaram com atenção a escala do dinamômetro (graduação);
- c) **erro na mensura da quantidade de água extravasada:** aqui os estudantes deveriam tomar o máximo de cuidado possível, uma vez que a tensão superficial da água pode retardar o extravasamento da água, logo, o volume

extravasado não seria correspondente ao volume do corpo. Para minimizar os erros, o recipiente deveria estar cheio, de tal forma, que quando o corpo começar a entrar na água, ela imediatamente comece a transbordar.

Evidentemente, outros erros que não foram aqui citados podem ter acontecido e acabaram comprometendo os resultados encontrados para o módulo da força de empuxo, por isso é importante que o professor esteja atento para se necessário, chamar a atenção dos estudantes de forma a evitar ou prever erros que possam ocorrer.

### **5.12 Relatos da Implementação**

Durante a aplicação desta sequência didática, algumas observações bastante interessantes foram feitas por este autor, entre elas, o potencial que o experimento desencadeador de questionamentos apresentou no sentido de envolver os estudantes, instigando a confrontarem seus conhecimentos internos para explicar uma situação e, nesse sentido, despertar curiosidade em entender a força que os fluidos são capazes de exercer nos corpos neles imersos. Esse fato colaborou muito para um bom nível de atenção dos estudantes durante a execução de cada passo da sequência didática.

Outra observação interessante trata-se do fato de que os estudantes demonstraram um bom nível de retorno aos questionamentos do professor, ou seja, de fato interagem com a atividade. Além disso, os estudantes em diversos momentos faziam questionamento acerca de dúvidas ou situações-problema por eles vivenciadas e até então não entendidas, o que oportunizou ao professor um espaço para a construção dos conceitos por meio da correlação com os passos da sequência didática desenvolvida. Um exemplo do que foi mencionado acima, trata-se de um questionamento feito por um estudante durante a correlação entre a força de empuxo e o peso da água extravasada. A pergunta foi a seguinte:

“Professor, se a força de empuxo tem o mesmo valor do peso do líquido que desloca para fora, então, um corpo mergulhado em líquidos diferentes vai ter sempre a mesma força de empuxo empurrando para cima?”

Esse questionamento foi respondido ao estudante perante toda a turma, pois seu questionamento foi potencialmente interessante para justificar a dependência que

a força de empuxo tem em relação à densidade do fluido. Foi respondido ao estudante que, se a força de empuxo tem o mesmo valor do peso do líquido deslocado, logo, um líquido mais denso, terá maior massa para um mesmo volume, o que corresponderá à um peso maior, conseqüentemente, maior força de empuxo.

## 6 ROTEIRO E APLICAÇÃO DA 2ª SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A segunda sequência didática que foi apresentada aos estudantes, além de constituir-se de outra maneira de determinar o valor da força de empuxo sobre corpos imersos em fluidos, configurou-se como viés à primeira sequência apresentada, uma vez que nesta segunda, não houve a necessidade de uma balança para medir a massa de líquido deslocado, uma vez que já se conhece a massa específica da água, pois os estudantes calcularam o peso do volume de água deslocada em função do volume do corpo que foi submerso. O professor optou por desenvolver a primeira sequência e posteriormente a segunda, demonstrando para os estudantes duas metodologias que permitem calcular o mesmo módulo de força de empuxo.

A segunda sequência didática, apresentada neste produto educacional, foi aplicada uma semana após a primeira, em dois períodos de aula. Uma vez que os estudantes já estavam organizados em seus respectivos grupos e inquietos, pois, na semana anterior já haviam respondido à um questionário e também já tinham visto o experimento desencadeador de questionamentos, em que o professor conseguiu ter uma noção do grau de conhecimento dos estudantes e também, após aplicação da primeira sequência, foi dado início a aplicação da segunda sequência didática.

Novamente, o professor começou a atividade orientando cada passo que os estudantes deveriam seguir (APÊNDICE B), seguindo as mesmas premissas da aplicação da primeira sequência didática aplicada na semana anterior.

### 6.1 Conferência dos Materiais Utilizados

O professor começou a prática novamente fazendo a conferência dos materiais necessários junto aos estudantes, de modo que eles também testaram se tudo estava funcionando para não haver imprevistos na realização da atividade. Os materiais necessários para a realização da segunda sequência didática (Figura 25) foram estes:

- a) 1 dinamômetro;
- b) 1 suporte para dinamômetro;
- c) 2 recipientes ou caneca graduada em ml;
- d) 1 régua;
- e) 1 corpo metálico regular;

f) Água suficiente para encher o recipiente.

Da mesma forma que na primeira sequência didática, em todos os seis grupos, foram mantidos os mesmos estudantes e novamente utilizaram o mesmo corpo da sequência anterior, para a realização desta atividade.

Figura 25 – Materiais utilizados na sequência II



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: alguns dos materiais utilizados nesta sequência, da esquerda para direita, recipientes, dinamômetro, régua, corpo regular e suporte.

## 6.2 Calibragem do Dinamômetro

Os estudantes novamente foram orientados a pendurar o dinamômetro que estava propositalmente descalibrado (Figura 26) no suporte e fazerem a calibragem do instrumento (Figura 27). Como eles já estavam familiarizados com os procedimentos e cuidados necessários para a correta calibragem, este passo não se constituiu de dificuldade alguma para os estudantes, a prova disto é que não houve questionamentos por parte deles.

Figura 26 – Dinamômetro descalibrado

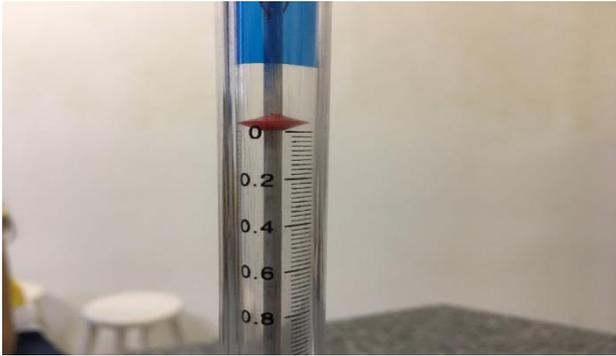
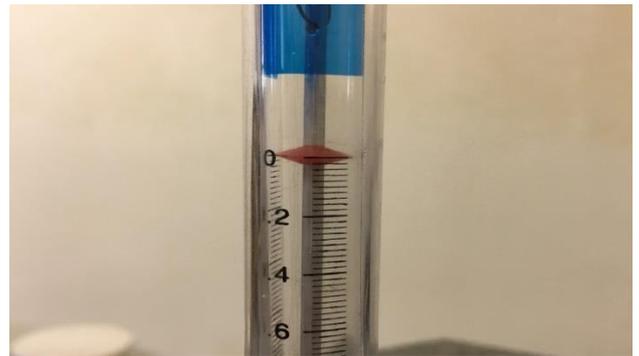


Figura 27– Dinamômetro calibrado



Fontes: Registradas pelo autor.

Legenda: na figura 26, é possível perceber que no dinamômetro descalibrado, a posição do marcador não coincide com o marco zero do instrumento, já na figura 27, com o mesmo calibrado, é possível perceber a coincidência entre marcador e marco inicial.

Mesmo que, na semana anterior os estudantes já haviam realizado um passo semelhante na aplicação da primeira sequência, foi importante lembrá-los que o dinamômetro é um instrumento capaz, por meio da deformação de uma mola, medir o peso dos corpos nele suspensos. Os estudantes novamente foram orientados a observar a escala de leitura do dinamômetro para que não houvesse erro de medida na hora de mensurar o peso do corpo que seria suspenso.

### 6.3 Medindo o Módulo do Peso do Corpo

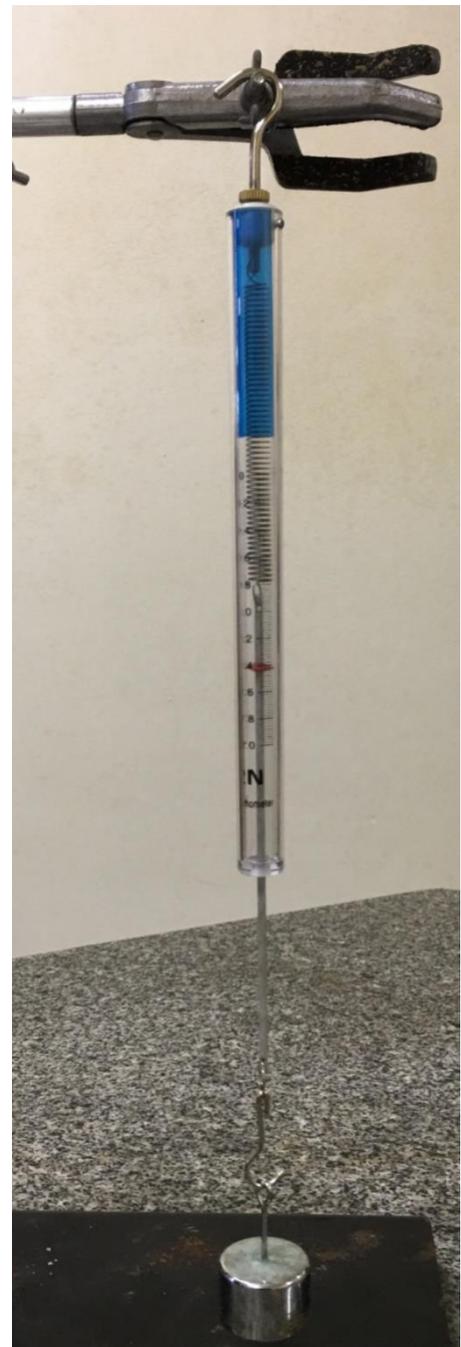
Uma vez que o dinamômetro já estava fixado no suporte e devidamente calibrado (Figura 28), os estudantes foram orientados a pendurar o corpo nele, medindo e anotando o módulo do peso dele quando o sistema entrou em equilíbrio estático no ar, conforme Figura 29. Um cuidado importante do professor, é a escolha do corpo que será suspenso no dinamômetro para que seu peso não exceda o que o instrumento é capaz de mensurar e certificar-se que esse corpo poderá ser posteriormente submerso em água.

Durante este procedimento, como os estudantes já estavam familiarizados com a escala dos dinamômetros disponíveis na escola e também já previamente sabiam o peso do corpo escolhido, pois era o mesmo da semana passada, neste passo não foram encontradas dificuldades pelos estudantes, pois o trabalho se restringiu a praticamente fazer a confirmação de dados outrora mensurados.

Figura 28 – Dinamômetro fixado no suporte e calibrado



Figura 29 – Peso registrado no dinamômetro



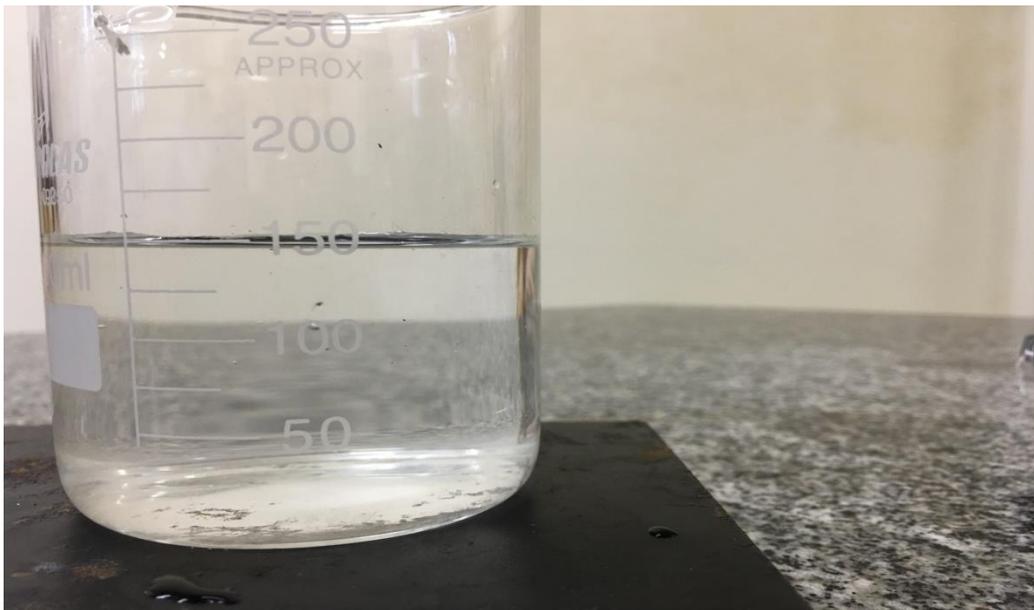
Fontes: Registradas pelo autor.

Legenda: na Figura 28, o dinamômetro já calibrado está fixado no suporte, esperando ser nele pendurado o corpo regular, como pode ser observado na Figura 29, para posteriormente ser medido seu peso.

#### 6.4 Posicionamento do Recipiente com Água

A partir desta etapa, os estudantes começaram a executar procedimentos um pouco diferentes, comparados com a semana anterior. Eles foram orientados a posicionar o recipiente verticalmente, embaixo do conjunto dinamômetro/corpo, de modo que, quando o conjunto fosse baixado, o corpo entrasse na água sem tocar as paredes do recipiente, não interferindo na leitura do dinamômetro. Com um segundo recipiente auxiliar, os estudantes deveriam encher o primeiro com água até uma graduação bem definida, como por exemplo, 150 ml e esse procedimento é bem importante, pois, não pode haver pouca água no recipiente a ponto de o corpo não ficar totalmente submerso e nem muita água a ponto de quando o corpo entrar no recipiente, extravasar água para fora dele, conforme representado na Figura 30.

Figura 30 – Nível ideal de água



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: nesta figura, é importante perceber que o nível inicial ocupado pela água antes da entrada do corpo deve estar numa marcação bem específica. Além disso, é importante salientar que o estudante deve adotar um padrão de referência para medir o nível ocupado pela água antes e após a entrada do corpo.

Na figura anterior, é possível observar que a graduação inicial da água, contida no recipiente, é de difícil visualização para os estudantes. Havia a queixa, por parte deles, de uma difícil observação do volume inicial de água contida no recipiente pelo fato de os dois serem translúcidos e ainda, somando-se a isso, a tensão superficial da

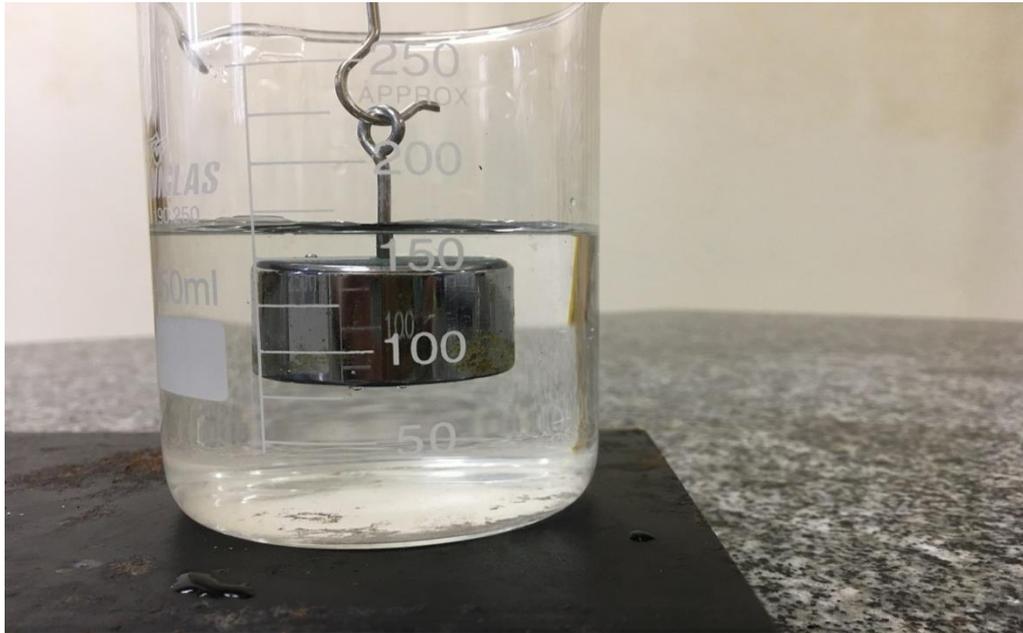
água não deixava a superfície do líquido 100% plana. Um grupo acrescentou que essa marcação ficaria mais destacada, se fosse utilizada a caneta de quadro para fazer uma marcação inicial. Como estratégia, todos os grupos optaram por fazer uma marcação inicial de caneta num ponto de referência em relação à superfície da água.

### **6.5 Submergindo o Corpo**

Os estudantes foram instruídos a baixar o sistema com cautela até que o corpo pendurado no dinamômetro ficasse totalmente imerso na água, conforme Figura 31. É importante que os estudantes percebam que conforme o corpo vai entrando na água, a leitura do dinamômetro vai diminuindo e que, o volume de água graduado no recipiente, vai aumentando. Os estudantes foram alertados que deveriam anotar o novo volume ocupado pela água e comparar com o volume que havia antes, o professor já sabia que a diferença de volume ocupado pela água corresponde ao volume do corpo que submergiu, logo, foi lançada a pergunta aos estudantes, questionando se eles saberiam dizer o que significa o volume extra observado no recipiente.

Muitos estudantes se prontificaram a responder, gerando certo alvoroço, pois sabiam a resposta e tinham ansiedade em responder. Nas palavras deles, responderam rapidamente que o volume extra, que havia surgido no recipiente, era exatamente igual ao volume do corpo que adentrara na água. Satisfeito com o nível de entendimento, o professor deu continuidade no desenvolvimento dos passos da sequência.

Figura 31 – Corpo entrando na água



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: nesta figura, é possível observar que a água se elevou de um certo volume quando o corpo foi imerso. Esse volume corresponde ao volume do corpo. Ao medir o novo volume ocupado pela água, os estudantes devem tomar cuidado com a graduação do recipiente.

Na figura 32 é possível observar que a leitura do novo nível que a água ocupou, também ficou um pouco difícil de ser observada. Como estratégia, os estudantes usaram o recurso da marcação em caneta para destacar o novo nível ocupado pela água após a entrada do corpo e isso aconteceu sem o professor pedir, partiu da iniciativa deles.

### 6.6 Anotando a Nova Leitura do Dinamômetro

Quando o sistema estava totalmente submerso e em equilíbrio estático, os estudantes foram instruídos a fazer a nova leitura da força graduada no dinamômetro e anotá-la (Figura 32). Como não houve nenhum erro de montagem ou execução, a leitura obtida pelos grupos foi menor do que aquela feita enquanto o corpo estava em equilíbrio estático no ar. Novamente, o professor instruiu que os estudantes fizessem a diferença de força registrada pelo dinamômetro quando o corpo estava no ar e dentro da água. Nem precisou o professor fomentar discussões e já havia comentários entre estudantes que diziam:

“É a força de empuxo.”

“É a mesma coisa que fizemos semana passada.”

“Mas como a gente vai pesar a água se não virou nada?”

Figura 32 – Nova leitura do dinamômetro



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura acima, é retratado o momento em que os estudantes fazem a nova leitura do peso registrado no dinamômetro com o corpo imerso na água, onde posteriormente, chegarão a conclusão de que a diferença de força registrada pelo instrumento, corresponde a força de empuxo oferecido pela água.

O último questionamento, citado acima, como fala de um estudante, foi muito pertinente para discutir com eles de que outra forma poderiam obter o valor da força de empuxo já que não sabiam o volume de água extravasada para poder medir a massa e posteriormente, calcular o peso dela.

Ao lançar essa situação problema, foi dado um tempo para que os estudantes sugerissem estratégias para poder medir a massa de água e calcular seu peso, da mesma forma que havia sido feito na semana anterior. Não demorou muito tempo, uma aluna questionou:

“Professor, se a gente sabe o volume de água que se elevou dentro do recipiente, não dá pra calcular quando de massa isso dá?”

Essa era a pergunta ou apontamento que o professor estava esperando para dar início à próxima etapa da sequência.

## 6.7 Módulo do Peso da Água Deslocada

Após o apontamento de um estudante que, talvez se pudesse estabelecer uma relação entre o volume de água que subiu dentro do recipiente e sua respectiva massa, os alunos foram orientados a executar este passo com bastante cuidado, pois seria trivial para calcular o valor do módulo da força de empuxo. Os estudantes foram instruídos a adotar a densidade da água como sendo  $1 \text{ g/cm}^3$  e sabendo que  $1 \text{ ml}$  corresponde a  $1 \text{ cm}^3$ , usando a expressão  $\rho = m/v$ , os estudantes deveriam calcular a massa do volume de água deslocada em função do volume do corpo que entrou no recipiente. Em seguida, eles deveriam converter essa massa para  $\text{Kg}$  e, usando  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , calcular o peso dessa massa de água.

Neste passo, algumas dificuldades foram encontradas pelos estudantes, as quais são importantes serem aqui registradas.

A primeira delas foi medir a quantidade certa do volume de água que subiu dentro do recipiente, pois a graduação do mesmo não era muito detalhada. Como os recipientes utilizados na prática experimental por todos os grupos eram de formato uniforme, o professor sugeriu que os estudantes fizessem uma relação entre a distância entre dois níveis graduados no recipiente e posteriormente, usando proporção direta, descobrissem a que volume de água correspondia a altura que a água havia se elevado. Por exemplo, entre  $100 \text{ ml}$  e  $150 \text{ ml}$  havia uma distância de  $5 \text{ cm}$ , logo,  $5 \text{ cm}$  de altura correspondem a  $50 \text{ ml}$ . Deste modo, os estudantes conseguiram medir o volume correspondente de água que se elevou.

Outra dificuldade observada foi descobrir a que massa de água tal volume correspondia. Parece ser lógico, pois adotando a massa específica da água como sendo  $1 \text{ g/cm}^3$  é fácil raciocinar, por exemplo, que  $20 \text{ ml}$  serão  $20 \text{ cm}^3$  que por consequência serão  $20 \text{ g}$ . Mas essas operações não foram muito lógicas para muitos estudantes. Foi necessária a intervenção do professor, demonstrando no quadro, como através da expressão que determina a densidade  $\rho = m/v$ , era possível obter a massa.

Uma vez descoberta a massa, os estudantes converteram a mesma para  $\text{kg}$  e posteriormente, calcularam o peso correspondente de acordo com as orientações do professor.

## 6.8 Estabelecendo Relações

Após os estudantes terem realizado com êxito o passo anterior, o professor montou uma tabela no quadro com os dados de cada grupo. Nessa tabela continha dois dados triviais, a diferença de força registrada no dinamômetro (que os estudantes já sabiam que correspondia ao empuxo oferecido pela água) e o módulo do peso da água deslocada. A tabela foi montada no quadro de modo que todos os grupos pudessem visualizar os dados coletados nos demais grupos. Uma vez feito isso, o professor questionou os estudantes a que conclusões eles haviam chegado. As respostas foram unânimes, onde defenderam que, embora os resultados encontrados para o peso de água deslocada e para a diferença de peso registrada pelo dinamômetro com o corpo no ar e na água, tenham sido brevemente diferentes, o peso da água deslocada deveria ser igual ao valor da força de empuxo.

Não demorou muito tempo para que um estudante fizesse a seguinte observação: “professor, a gente fez a mesma coisa da semana passada, só não usamos balança dessa vez”.

Neste momento, foi feita a seguinte observação junto aos estudantes: é possível chegar a um mesmo resultado usando de estratégias diferentes, basta sabermos trabalhar com os dados disponíveis. Os dados obtidos para a força de empuxo e o respectivo peso de fluido deslocado para cada grupo, podem ser observados na Figura 33, cuja imagem foi obtida no dia da aplicação desta sequência.

Figura 33 – Dados obtidos para a força de empuxo e o peso do fluido deslocado na segunda sequência didática.

GRUPO	FORÇA DE EMPUXO	PESO DO LÍQUIDO DESLOCADO
G1	0,16 N	0,1502 N
G2	0,15 N	0,142 N
G3	0,16 N	0,1468 N
G4	0,16 N	0,154 N
G5	0,15	0,133 N
G6	0,16 N	0,1486 N

Fonte: Registrado pelo autor

Legenda: na Figura 33, são demonstrados os valores obtidos para a força de empuxo e o peso da água deslocada pelos grupos que participaram da implementação do Produto Educacional. Novamente, é possível perceber uma aproximação bem interessante entre os valores.

## 6.9 Análise dos Possíveis Erros

Tendo em vista os resultados registrados na tabela do quadro, o professor novamente provocou discussões entre os estudantes de forma a diagnosticar os possíveis erros que podem ter ocorrido durante a realização da prática fazendo com que os valores dos módulos da força de empuxo e do peso da água deslocada não fossem exatamente iguais. Foi interessante fazer uma discussão sobre as possíveis explicações quanto a não concordância exata entre a previsão teórica e as medidas experimentais. Dentre alguns dos possíveis erros apontados pelos estudantes e pelo professor, podem-se destacar:

- a) **erro na calibragem do dinamômetro:** dispositivos iguais aos usados nesta sequência para medir o peso de objetos permitem um erro que precisa ser observado, em que se podem obter diferentes leituras de calibragem dependendo do ângulo que o estudante olha para o dinamômetro (erro de paralaxe). Os estudantes devem olhar para o dispositivo na direção horizontal e com seus olhos no mesmo nível da parte inferior dele;

- b) **erro de leitura do dinamômetro:** os estudantes podem cometer um erro aparentemente simples, anotando valores de forças não correspondentes, uma vez que não observaram com atenção a escala do dinamômetro (graduação);
- c) **erro na mensura da quantidade de água deslocada:** aqui os estudantes foram orientados a tomar bastante cuidado, pois a tensão superficial do líquido provavelmente não deixe a superfície do fluido 100% plana, então o estudante deve ter um padrão de referência e, além disso, deve cuidar para não haver erro de paralaxe;
- d) **erro de conversão de medidas:** pode constituir num fator de erro uma vez que o estudante não faça a conversão e use os dados nas unidades certas, como por exemplo, usar a massa em gramas ao invés de quilograma para calcular o módulo do peso da água deslocada.

Evidentemente, outros erros que não foram aqui citados e acabaram por comprometer os resultados encontrados pelos estudantes, devem ser considerados pelo professor na execução desta prática experimental.

## 6.10 Relatos da Implementação

Após a aplicação da segunda sequência didática, pode-se perceber mais alguns apontamentos interessantes que este autor se sente na obrigação de compartilhar, uma vez que esses apontamentos podem colaborar no sentido de potencializar a aplicação deste produto.

Os estudantes entenderam que a segunda sequência didática, se constituía de um procedimento diferente para encontrar o mesmo resultado da sequência anterior e isso é bom, pois o professor pode demonstrar para os estudantes que pode haver mais de um método para chegar num mesmo resultado. Além disso, os estudantes definiram o resultado da força de empuxo encontrado na segunda sequência didática como uma prova real do resultado da primeira sequência.

Quando os estudantes confrontaram os resultados obtidos para a força de empuxo nas duas sequências didáticas, perceberam que a diferença entre os valores encontrados era pequena, mas nenhum dos grupos encontrou valores idênticos nos dois procedimentos. Esse momento foi importante para trabalhar com os estudantes

sobre a importância da análise dos erros e como eles podem ter comprometido os resultados.

Por último, após a aplicação das duas sequências didáticas apresentadas neste trabalho, o que se pode perceber é que a integração entre teoria e experimento proporcionou aos estudantes um espaço dinâmico de aprendizado, onde os conceitos foram desenvolvidos de forma significativa nas estruturas cognitivas dos estudantes, uma vez que não apenas o questionário e o experimento desencadeador de questionamentos, mas também os passos desenvolvidos nas duas sequências didáticas possibilitaram um bom nível de entendimento dos estudantes na relação entre a força de empuxo que atua num corpo e o peso do fluido por ele deslocado.

## 7 CONSTRUÇÃO DA EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DA FORÇA DE EMPUXO

Uma vez realizada com êxito as duas sequências didáticas propostas neste produto educacional e tendo em consideração que todas as discussões e questionamentos dos estudantes foram construtivos, foi então demonstrada uma expressão matemática que, conforme os resultados encontrados pelos estudantes experimentalmente, convergem para uma expressão matemática capaz de mensurar a força de empuxo em corpos parcialmente ou totalmente imersos em fluidos. Para tanto, os estudantes foram lembrados que, independentemente da prática experimental adotada como referência, o valor da força de empuxo  $F_e$  é igual ao valor do peso do líquido deslocado  $P_{ld}$ .

$$F_e = P_{ld} \quad (1)$$

Sabendo que o módulo do peso do líquido deslocado é dado por:

$$P_{ld} = m_{ld} \cdot g \quad (2)$$

Substituindo na Eq. (2) a Eq. (1), teremos:

$$F_e = m_{ld} \cdot g \quad (3)$$

Sabe-se que o cálculo da densidade é dado por:

$$\rho = m/v \quad (4)$$

Considerando que a densidade não varie com a temperatura e com a pressão, isolando a massa na Eq. 4, teremos:

$$m = \rho \cdot v \quad (5)$$

Tomando a Eq. 5 e substituindo na Eq. 3, teremos:

$$F_e = \rho \cdot v_{ld} \cdot g \quad (6)$$

Onde:

$F_e$  =força de empuxo em valor absoluto

$\rho$  = densidade do fluido onde o corpo foi imerso

$V_{ld}$  = volume do fluido deslocado = volume do corpo

$g$  = aceleração gravitacional local em valor absoluto

Essa equação será muito útil na compreensão da fenomenologia subjacente e também na resolução de situações-problema, pois ela resumiu as consequências das duas sequências propostas. Algo interessante que não poderia deixar de ser citado trata-se do fato de que, foi importante o professor enfatizar aos estudantes que eles devem observar as unidades de medida para substituí-las na expressão, pois, caso elas não estivessem de acordo, seria preciso convertê-las. A partir daqui, fica a critério do professor, resolver situações-problema e exemplificar conjunturas que mostrem as forças que atuam nos corpos quando esses estão flutuando, submergindo ou emergindo num fluido, a fim de relacionar a força de empuxo com o peso do corpo.

Ainda como sugestão de desenvolvimento, o professor pode, para encerrar o Princípio de Arquimedes, falar sobre a fração submersa e a relação com a densidade do corpo que flutua e a densidade do líquido.

$$F_s = \rho_{\text{corpo}}/\rho_{\text{líquido}}.$$

Lembrando que, todo corpo cuja densidade é maior comparada à densidade do fluido, terá maior força peso do que o máximo valor de força de empuxo, logo afundará no líquido. É preciso ressaltar que o presente tratamento é bem inicial e consequentemente bem idealizado. Isso se revela, por exemplo, no fato de haver algumas exceções como o caso em que uma lâmina leve de metal com densidade maior do que a água flutua em cima da superfície desse fluido. Isto é, mesmo a densidade do metal sendo maior do que a da água, o corpo não afunda em função da tensão superficial da água, desconsiderada na presente situação.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação das duas sequências didáticas, que demandaram três períodos de aula, dois períodos na primeira semana (em função da apresentação do questionário, do experimento desencadeador de questionamentos e mais a primeira sequência didática) e outro período na semana posterior (para a aplicação da segunda sequência didática), foi aplicado aos estudantes um segundo questionário cuja pretensão foi diagnosticar o nível do conhecimento construído junto às estruturas cognitivas deles.

Serão apresentadas e discutidas a seguir, as situações problemas que constituíram o questionário supramencionado. Essas situações foram pensadas pelo professor de tal forma que, os conhecimentos necessários na sua respectiva solução de alguma forma estavam inseridos no primeiro questionário (4.3.1), na aplicação de organizadores prévios e também presentes no desenvolvimento das duas sequências didáticas apresentadas neste trabalho.

Foi entregue para cada estudante, no próprio laboratório de Física, um questionário (APÊNDICE C) com questões objetivas, onde apenas uma alternativa era correta. Eles foram orientados a realizar a atividade sem consultar colegas. A turma, cujas sequências foram aplicadas, era composta de 35 estudantes, mas no dia da aplicação deste questionário, haviam 32 estudantes.

Importante frisar que, as questões a seguir não necessitam da utilização da equação para o cálculo da força de empuxo, mas giram entorno dela em função das variáveis que a caracterizam. Logo após a devolução, foi feita a correção imediatamente junto aos estudantes, demonstrando o que eles deveriam ter pensado e também ouvindo as justificativas para suas respectivas escolhas, estando elas corretas ou não.

Questão 1. Dois corpos idênticos em massa e volume A e B, pendurados em dinamômetros intitulados A e B, devidamente calibrados, estão totalmente submersos em dois fluidos diferentes, A e B respectivamente. O peso registrado pelo dinamômetro B é menor do que aquele registrado pelo dinamômetro A. Neste caso, é correto afirmar que:

- a) A força de empuxo é a mesma para os dois corpos, pois eles são idênticos;

- b) A força de empuxo é maior sobre o corpo A, por isso ele registrou maior peso;
- c) A força de empuxo é maior sobre o corpo B, pois ele está imerso num fluido de maior densidade;
- d) A força de empuxo é maior sobre o corpo B, pois ele está imerso num fluido de menor densidade.

Nesta questão, o índice de acerto (resposta c) foi de 26/32, o que corresponde à 81,25%. Outros 4/32 estudantes marcaram a alternativa “d” e outros 2/32 marcaram a alternativa “a”.

O que se pretendeu nesta questão, foi que os estudantes fizessem a associação de que, mesmo que os corpos fossem idênticos e os dinamômetros tivessem que registrar o mesmo peso, o dinamômetro B estava registrando um valor menor dessa grandeza porque havia sobre o corpo nele suspenso, maior força de empuxo. Porém, como os corpos são idênticos, logo, o volume de água deslocado é o mesmo, o que neste caso, não era o volume do corpo que seria o diferencial para justificar uma maior ou menor força de empuxo, pois, deslocavam quantidades idênticas de fluido. Além disso, a aceleração gravitacional é a mesma para os dois corpos, então, a variável responsável por uma maior força de empuxo seria a densidade do fluido.

Questionado, um dos estudantes, que marcou a alternativa “a”, argumentou que, como os dois corpos eram idênticos, a força de empuxo deveria ser a mesma, pois deslocariam o mesmo volume de água. Ele ainda argumentou que havia ficado em dúvida, pois achou estranho que os dois dinamômetros não estavam registrando o mesmo peso.

Outro estudante, que marcou a alternativa “d”, justificou que entendeu que se o dinamômetro que suspendia o corpo B marcava menos peso, era porque sobre ele havia maior força de empuxo, porém, não associou de forma correta com a densidade do fluido.

Questionados porque haviam marcado a alternativa “c”, que correspondia a alternativa correta, um dos estudantes argumentou que, entendeu que a força de empuxo sobre o corpo B era maior em função de um menor registro pelo dinamômetro, levando em consideração que os corpos eram idênticos. Além disso, entendeu

também que, como os corpos eram idênticos, os volumes de água deslocados seriam idênticos, então, o único diferencial para justificar uma maior força de empuxo seria uma maior densidade do fluido onde o corpo estava imerso.

Questão 2. Imagine a seguinte situação: você está dentro de uma piscina quando um amigo te convida para fazer uma breve experiência. Ele pega duas bolas, uma de basquete e outra de vôlei, que têm a mesma massa. Ao colocar a bola de vôlei debaixo da água e soltar, você observa que ela sobe. Quando seu amigo repete o procedimento com a bola de basquete, você observa a mesma situação. Agora seu amigo pede para você tentar segurá-las debaixo da água, uma de cada vez. A respeito disso, analise as situações abaixo e marque a correta:

- a) Segurar as duas bolas totalmente imersas, uma de cada vez, ofereceu o mesmo grau de dificuldade embora as bolas tivessem volumes diferentes;
- b) Segurar a bola de basquete totalmente imersa foi mais difícil, pois ela tem maior tamanho;
- c) Segurar a bola de basquete totalmente imersa foi mais fácil, pois ela tem maior volume;
- d) Segurar a bola de vôlei totalmente imersa foi mais difícil, pois ela tem menor volume.

Nesta questão, o objetivo foi que os estudantes relacionassem, de forma correta, o valor da força de empuxo com o volume de água deslocada em função do próprio volume da bola. Como as bolas têm a mesma massa, os estudantes deveriam ter concluído que o peso delas seria o mesmo, logo, seria mais fácil manter totalmente imersa a bola que tivesse o menor volume e mais difícil, a bola com maior volume, em função da menor e maior força de empuxo, respectivamente.

O índice de acerto desta questão foi de 30/32, o que corresponde a 93,75%, o que deixou o professor muito satisfeito. Mesmo assim, foram questionados um dos alunos que marcou a alternativa correta e outro que havia errado a questão.

Dentro os estudantes que acertaram a questão, marcando a alternativa “b”, um deles se prontificou a justificar sua escolha quando o professor solicitou. O estudante afirmou que, como o peso era o mesmo das duas bolas, seria mais fácil segurar embaixo da água aquela em que tivesse menos força de empuxo e como neste caso,

a densidade do líquido e a gravidade seriam as mesmas para as duas bolas, então, o único fator que iria determinar uma maior força de empuxo era a bola que deslocasse mais água, ou seja, a que tem maior tamanho.

Dois alunos marcaram a alternativa “d”, um deles quando questionado, mediante a resposta do colega anterior, afirmou que já havia percebido o erro dele, pois havia se confundido com o volume, ou seja, ele não lembrou que, de acordo com o enunciado, as duas bolas sobem e que teria, por consequência desta definição, uma maior força de empuxo sobre a bola de maior volume.

Questão 3. Dois corpos, A e B, de mesma massa, porém de volumes diferentes, são abandonados dentro da água, numa piscina. Ao serem soltos, observa-se que o corpo A sobe (emerge) enquanto o corpo B desce (submerge). A respeito dessa situação é correto afirmar que:

- a) Os dois corpos sofreram a mesma força de empuxo;
- b) Mesmo tendo a mesma massa, sofre maior força de empuxo o corpo B;
- c) Como não é conhecida a densidade da água, o volume de cada corpo e nem a aceleração gravitacional local, não é possível estabelecer uma relação entre as forças peso e empuxo para cada corpo;
- d) A força de empuxo determina o movimento do corpo, no caso do corpo A, ele sobe porque a força de empuxo sobre o corpo é maior que seu peso.

Nesta questão, a ideia era que os estudantes fizessem a correlação entre as forças que atuam num corpo quando submerso num fluido, compreendendo que, quando um corpo é abandonado na água, por exemplo, se ele submergiu é porque o peso do corpo tem maior valor do que a força de empuxo é capaz de oferecer e se, por ventura, o corpo vier a emergir é porque a força de empuxo assume, momentaneamente, um valor maior do que o peso do próprio corpo.

O índice de acerto desta questão foi de 24/32, o que configura 75%. Questionados sobre porque haviam marcado a alternativa “d”, que é a correta, muitos dos estudantes, que acertaram essa questão, argumentaram que era óbvia a resposta, ou seja, se tem mais força para baixo o corpo desce, se tem mais força para cima o corpo sobe.

Porém, 7/32 estudantes marcaram a alternativa “c”, justificando, em sua grande maioria, pensarem que, como não foram dados valores para serem aplicados na equação da força de empuxo, era impossível estabelecer uma relação entre o peso do corpo e a força de empuxo sobre ele. Um estudante chegou a relatar assim: “eu achei que era uma pegadinha do professor”.

Apenas 1/32 estudantes marcou a alternativa “b”, justificando de forma bem simples que havia “chutado”.

Questão 4. Quando um corpo está flutuando na superfície de um fluido, ele está em equilíbrio, ou seja, se considerarmos apenas o peso do corpo e a força de empuxo sobre ele, essas forças estão em condições de igualdade. Considere um navio que flutua navegando em águas oceânicas e que adentra numa lagoa (água doce). Observa-se que o navio continua flutuando, independentemente da água que ele navega. A respeito disso, analise as alternativas e marque a correta.

- a) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém observa-se que o casco do navio adentra um pouco mais na água doce, para conseguir manter a força de empuxo constante;
- b) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém não se observa nenhuma alteração na profundidade que o casco do navio ocupa em relação à água.
- c) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele saem da situação de igualdade, pois como a água doce é menos densa que a água salgada, a força de empuxo diminui, ficando esta menor que o peso do navio.
- d) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém, percebe-se que o casco do navio emergiu, ou seja, ficou um pouco menos submerso nas águas doces da lagoa.

Esta questão foi pensada de forma que exigisse um maior grau de abstração por parte dos estudantes, uma vez que eles precisavam entender que se o navio

continua flutuando, as forças peso e empuxo continuam em situação de igualdade, porém, para manter essa força de empuxo com valor constante, eles precisariam trabalhar com grandezas inversamente proporcionais, isto é, já que a densidade da água navegada diminui, o volume do líquido deslocado teria que aumentar, logo, o casco do navio precisa adentrar um pouco mais na água, o que confere uma maior profundidade de casco submerso, o que justifica a alternativa “a” ser a correta.

O índice de acerto desta questão elucida o nível de dificuldade dela, pois apenas 20/32 estudantes acertaram (alternativa A), o que corresponde a 62,5% deles. Questionados sobre os motivos pelos quais haviam marcado essa alternativa, alguns relataram que, para o navio continuar flutuando, as forças deveriam ser iguais e que, como a densidade da água doce era menor, para compensar isso, o volume de água deslocado deveria aumentar. Importante observar na fala dos próprios estudantes como eles entenderam as grandezas inversamente proporcionais.

O índice de erro foi relativamente alto, pois 7/32 estudantes marcaram a alternativa “b” e outros 4/32 marcaram a alternativa “d”. Quando questionados, ambos os estudantes que marcaram essas duas alternativas entenderam que se o navio continuava flutuando, as forças peso e empuxo deveriam continuar em situação de igualdade, mas que não haviam conseguido fazer a relação com a profundidade do casco do navio na água e o volume de fluido deslocado e acabaram “chutando essas alternativas”

Apenas 1/32 estudantes marcou a alternativa “c”, justificando que só havia pensado que se a densidade da água havia diminuído, diminuiria a força de empuxo sobre o navio, ocasionando a quebra na igualdade entre peso e empuxo, ou seja, este estudante não pensou nas consequências desta desigualdade de forças. Um colega alertou que se isso acontecesse, o navio viria a afundar, o que fez com que muitos outros colegas também concordassem.

Questão 5. Dois corpos A e B de massas e volumes diferentes estão suspensos em dois dinamômetros imersos no ar que registram seus respectivos pesos. O dinamômetro no qual está suspenso o corpo A registra um peso maior do que aquele em que se encontra o corpo B suspenso. Ambos os corpos, ainda suspensos em seus respectivos dinamômetros são colocados dentro de um mesmo recipiente contendo óleo de cozinha, ficando totalmente submersos e não encostando em nenhuma parte

do recipiente. Quando os sistemas entram em equilíbrio, os dinamômetros registram o mesmo peso. Analise as alternativas abaixo e marque a correta:

- a) Só é possível os dois dinamômetros registrarem o mesmo peso dentro do óleo se a força de empuxo for a mesma para os corpos A e B;
- b) Para que os dois dinamômetros registrem o mesmo peso dentro do óleo, o corpo B deve sofrer uma maior força de empuxo, logo tem volume maior que o corpo A;
- c) O peso registrando em ambos os dinamômetros é o mesmo quando os corpos estão imersos no óleo porque a força de empuxo sobre o corpo A é maior do que no corpo B, pois A deve ter um volume maior que B;
- d) Isso aconteceu porque os corpos, apesar de terem massas diferentes, sofrem forças de empuxo diferentes. Como o empuxo depende do volume do corpo, quanto maior o volume, menos empuxo, logo, volume do corpo B é maior que o volume do corpo A.

Quando essa questão foi criada, o objetivo dela era fazer com que os estudantes entendessem que corpos com volumes diferentes vão sofrer empuxos diferentes e que o peso deles trata-se apenas de uma propriedade da massa. Para resolver a questão, era preciso que o estudante compreendesse que o dinamômetro registra maior peso porque o corpo A tem maior massa. Quando ambos os corpos são imersos em óleo, eles acabam registrado o mesmo peso porque o corpo A sofre maior força de empuxo comparado com o corpo B em função de ter maior volume. Essa diferença de força é capaz de fazer com que o peso, aparente registrado pelos dinamômetros, seja o mesmo.

O índice de acerto desta questão foi satisfatório, comparado com o grau de abstração exigido, onde 27/32 estudantes acertaram, marcando a alternativa “c”, que corresponde a 84,375%. Entre os estudantes que erraram, 3/32 marcaram a alternativa “d” e outros 2/32 marcaram a alternativa “a”.

Questionados sobre os motivos pelos quais haviam marcado a alternativa equivocada, 5/32 estudantes alegaram que a dificuldade encontrada estava relacionada com a associação (interpretação) do enunciado e as alternativas. Alguns ainda relataram que essa é a maior dificuldade em Física para eles.

Os estudantes que acertaram a questão, argumentaram, de modo geral, que não foi difícil entender que, se o corpo A tinha maior peso registrado, quando ambos os corpos se encontravam no ar, então, quando ambos estavam imersos no óleo, sobre o corpo A teve que atuar uma maior força de empuxo para “compensar” e os dinamômetros registrarem o mesmo peso.

As respostas das cinco questões acima, que foram aplicadas após a prática das duas sequências didáticas, quando comparadas com as falas dos estudantes obtidas no questionário que foi aplicado como organizador prévio, evidencia um bom nível de conhecimento construído junto às estruturas cognitivas dos estudantes.

É importante salientar que, as sequências didáticas que compõem este produto educacional se demonstraram bastante eficientes como ferramenta para demonstrar a relação entre o volume de fluido deslocado, o peso que ele tem e sua relação de igualdade com a força de empuxo. Além disso, possibilitando a construção de uma expressão matemática que relacione as variáveis das quais depende a força de empuxo de forma significativa para o estudante, onde o mesmo consegue, a partir do entendimento destas variáveis, resolver situações problemas, como as que foram apresentadas nas questões acima.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a aplicação das sequências didáticas, que deram origem a esta dissertação, notou-se uma grande motivação por parte dos estudantes. Essa motivação esteve relacionada a dois aspectos interessantes: o primeiro, em função da curiosidade que cada passo do experimento despertava neles, tendo em vista os resultados por eles observados. O segundo aspecto foi constatado em função da vontade que eles tinham em querer explicar os resultados observados conforme seus conhecimentos prévios ou já consolidados até o momento.

Logo, verificou-se que a aplicação deste produto educacional oportunizou aos estudantes um espaço dinâmico de aprendizagem, recorrendo à prática experimental e fugindo de uma aula meramente expositiva, colocando o estudante como parte do processo de ensino-aprendizagem. Tudo isso, culminando para que eles pudessem evidenciar, de fato, o que é e do que depende o valor da força de empuxo sobre corpos imersos em fluidos.

As sequências didáticas que aqui foram propostas demonstraram constituírem-se mecanismos de aprendizagem significativa, uma vez que o professor, por meio da atividade experimental, com a efetiva participação dos estudantes, conseguiu desenvolver os conceitos relacionados a força de empuxo. Tomando como referência os conhecimentos prévios dos estudantes e os relacionando com as novas construções de conhecimento, a partir da proposta de sequência didática supramencionada, os estudantes ressignificaram o conhecimento, já construído nas suas estruturas cognitivas, tornando-o mais amplo e potencialmente aplicável na resolução de situações-problema reais e que façam parte do seu cotidiano, como foi evidenciado na comparação das respostas dadas pelos próprios estudantes no questionário aplicado antes das sequências propostas e no questionário após a aplicação do produto.

Nesse sentido, para o professor que acredita no papel importante da experimentação, este produto educacional torna-se uma ferramenta eficaz de ensino-aprendizagem. Reitera-se que é aconselhável que ele, ao optar pela aplicação das sequências aqui propostas, execute os experimentos de forma antecipada, justamente observando os procedimentos e etapas já anteriormente descritas, para viabilizar a sua correta aplicação. Dessa maneira, o professor consegue vislumbrar

apontamentos relevantes que pode abordar com os estudantes na atividade aqui proposta, apontamentos que podem ter passado despercebido pelo autor.

Após a aplicação das sequências didáticas, espera-se que a construção do Princípio de Arquimedes, junto às estruturas cognitivas do estudante, tenha sido alcançada, demonstrando, experimentalmente, que o módulo da força de empuxo, oferecida pelos fluidos, é matematicamente igual, em módulo, ao peso do fluido deslocado e que, por meio dessa demonstração, é possível chegar na *Eq. 6*. O uso dessa equação para resolver exercícios, deve ser, em algum momento posterior à aplicação das sequências, demonstrado pelo professor aos estudantes como também as anuências que podem vir a surgir, principalmente em detrimento das unidades de medida que devem ser adotadas na equação.

Contudo, os objetivos que nortearam este trabalho foram satisfatoriamente alcançados, uma vez que a análise de alguns livros didáticos, evidenciaram que é necessária uma abordagem mais significativa no desenvolvimentos dos conceitos, neste caso, não apenas entregando ao estudante uma equação que permita o cálculo da força de empuxo, mas, a partir de estratégias didáticas, possibilitar a construção dessa equação de forma significativa junto as estruturas cognitivas dos estudantes, onde as variáveis dessa equação façam sentido e que, quando solicitados, os estudantes articulem o conhecimento para resolver problemas mais elaborados, como foi demonstrado no último questionário.

Por fim, que este trabalho possa somar na prática pedagógica daqueles que, de fato, enxergam na educação seu caráter e dimensão transformadora, em que o conhecimento não é simplesmente transmitido, mas sim mediado e construído nas estruturas cognitivas do estudante, sobretudo a partir de práticas e procedimentos didático-pedagógicos, como esses aqui apresentados.

## REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2000.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson, 2003.
- BIZZO, N. **Ciências**: fácil ou difícil? São Paulo: Ática, 1998.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, v.24, n.2, p. 194-223, ago. 2007.
- BONJORNO, J. R. et al. **Física**: História & cotidiano. Ensino médio: volume único. 2. ed. São Paulo: FTD, 2005. (Coleção Delta).
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacional**: terceiro e quartos ciclos: ciências Naturais. Brasília: MECSEF, 1998.
- CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CUNHA, C. J. G. B. L. **Construção e utilização de equipamentos de baixo custo para ensino de física**. 2008. Dissertação (Mestrado em Física Laboratorial, Ensino e História da Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.
- DOCA, H. R.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Tópicos de Física**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.
- FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; FOGO, R. **Física Básica**: volume único. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013.
- FERRARO, N. G.; TORRES, C. M. A.; PENTEADO, P. C. M. **Física**: volume único. São Paulo: Moderna, 2012.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino**: as abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, mar. 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Porto Alegre: UFRGS/Instituto de Física, 2013.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa**. Porto Alegre: UFRGS/Instituto de Física, 2010.

MOREIRA, M. A.; ELCIE, F. S. M. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A.; SOUSA, C. M. S. G.; SILVEIRA, F. L. Organizadores prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. **Caderno de Pesquisa**, n.40, p.41-53, 1982.

NÓVOA, A. (Coord.). **Os professores e a sua formação**. 2. ed. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

PAULA, G. M. C. **A importância da aprendizagem significativa**. 2008.

REIS, J. S. Ferramentas tecnológicas como organizadores prévios no ensino da matemática. **Revista Educação Online**, n. 20, p. 137-145, set./dez. 2015.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de Física: novos elementos para repensar a relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.22, n.3, p.316-334, dez. 2005.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004. **Anais...** Jaboticatubas, MG. Jaboticatubas: ENPEF, 2004.

SANTOS, J. C. F. **Aprendizagem significativa**: modalidades de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SCHÖN, D. A. **Formar professores como profissionais reflexivos**: os professores a sua formação. 3.ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997. Texto extraído de Antônio Nóvoa.

## APÊNDICE A – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA I

Professor, os passos procedimentais, que estão organizados logo a seguir, foram pensados de forma a ajudar os colegas na aplicação da sequência didática proposta, pois esses passos resumem a aplicação dela. Não é aconselhável que esse passo a passo seja entregue aos grupos de estudantes, pois, isso pode conferir um mero caráter de reprodução mecânica, o que não é objetivo deste trabalho, pois andaria na contramão da aprendizagem significativa.

1º Passo: peça para os estudantes fazerem a conferência se sobre a mesa há os seguintes materiais:

- a) 1 dinamômetro;
- b) 1 suporte para dinamômetro;
- c) 2 recipientes ou canecas;
- d) 1 balança de precisão ou de contrapeso;
- e) Tomada 127V ou 220V ou pilhas (de acordo com a balança);
- f) 1 pires ou recipiente similar;
- g) 1 corpo metálico regular;
- h) água.

2º Passo: peça para os estudantes pendurarem o dinamômetro no suporte e fazerem a calibragem, observando sua escala de leitura em Newtons.

3º Passo: oriente-os a ligar a balança e fazerem a calibragem dela, zerando sua leitura. Depois, devem colocar o pires em cima dela e fazer a tara, para descontar a massa do pires.

4º Passo: agora, os estudantes devem pendurar o corpo cilíndrico no dinamômetro e observar a leitura do peso dele, eles devem anotar em seu caderno quantos Newtons foram encontrados.

5º Passo: neste passo, eles devem colocar o recipiente sobre o pires abaixo do dinamômetro e, usando outro recipiente auxiliar, encher o primeiro com água até a eminência de começar a virar.

6º Passo: agora, os estudantes devem vagarosamente baixar o suporte até que o corpo fique totalmente submerso na água, tomando cuidado para não molhar o dinamômetro. Devem observe que a leitura do dinamômetro diminuiu e anotar o novo valor registrado no caderno

7º Passo: oriente os estudantes a discutirem entre si o que pode ter havido para que a força registrada no dinamômetro tenha diminuído. Eles devem anotar em seus cadernos quanto foi essa diferença de força registrada.

8º Passo: agora, os estudantes devem ser instruídos para que, com muito cuidado, erguendo o suporte do dinamômetro, retirem o corpo de dentro da água e logo após, retirem o recipiente com cuidado para não virar mais água dentro do pires e com cuidado, colocá-lo em cima da balança para medir a massa de água que tem dentro do pires, anotando o valor encontrado para essa massa.

9º Passo: neste passo, oriente-os a calcular o peso da água que foi derramada dentro do pires. Adote  $g=9,81\text{m/s}^2$ . Peça para eles anotarem esse peso no caderno.

10º Passo: agora, peça para os estudantes estabelecerem uma relação entre o valor encontrado do peso de água derramado e a diferença de leitura do dinamômetro antes e após o corpo ser mergulhado. Questione-os sobre que conclusões chegaram.

11º Passo: o grupo deveria ter encontrado para o 10º passo, valores iguais entre o peso da água derramada e a diferença de leitura do dinamômetro, mas muito provavelmente isso não tenha acontecido, pois podem ter ocorrido erros que comprometeram os resultados. Questione os estudantes sobre os possíveis erros podem ter surgido no decorrer do experimento.

## APÊNDICE B – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA II

Professor, os passos procedimentais, que estão organizados logo a seguir, foram pensados de forma a ajudar os colegas na aplicação da sequência didática proposta, pois esses passos resumem a aplicação dela. Não é aconselhável que esse passo a passo seja entregue aos grupos de estudantes, pois, isso pode conferir um mero caráter de reprodução mecânica, o que não é objetivo deste trabalho, pois andaria na contramão da aprendizagem significativa.

1º Passo: peça para os estudantes fazerem a conferência se sobre a mesa há os seguintes materiais:

- a) 1 dinamômetro;
- b) 1 suporte para dinamômetro;
- c) 2 recipientes graduados ou canecas;
- d) 1 pires ou recipiente similar;
- e) 1 corpo metálico regular;
- f) água.

2º Passo: peça para os estudantes pendurarem o dinamômetro no suporte e fazerem a calibragem, observando sua escala de leitura em Newtons.

3º Passo: agora, os estudantes devem pendurar o corpo cilíndrico no dinamômetro e observar a leitura do peso dele, eles devem anotar em seu caderno quantos Newtons foram encontrados.

4º Oriente os estudantes a colocarem o recipiente graduado abaixo do suporte e, usando outro recipiente, encher o primeiro até uma altura bem definida, mas que, haja espaço o suficiente para que, quando o corpo for submerso, não extravase água para fora do recipiente;

5º Passo: vagorosamente, os estudantes devem baixar o suporte com o conjunto dinamômetro/corpo até que o corpo fique totalmente submerso na água, tomando cuidado para não molhar o dinamômetro. Peça para observarem que, conforme o

corpo vai entrando, o volume da água ocupado pela água vai aumentando. Quando o corpo estiver totalmente submerso, eles devem anotar qual o novo volume de água graduado no recipiente e de quanto aumentou esse volume, se possível, instigue seus alunos a estabelecer uma relação entre o volume do corpo e o volume de água deslocado. Caso a graduação do recipiente não forneça uma leitura adequada, use a régua para estabelecer uma relação, como por exemplo, 150 ml correspondem a uma altura de coluna de água de 12 cm, então, 14 cm equivale a um volume de: (isso se o recipiente for regular).

6º Passo: Agora, eles devem ser orientados a observarem a nova leitura do dinamômetro e anotar seu valor no caderno. Devem anotar também a diferença de força registrada no dinamômetro antes e após o corpo ser submerso. Feito isso, peça para os estudantes discutirem com seus colegas o que pode ter havido para que a força registrada no dinamômetro tenha diminuído.

7º Passo: este passo os estudantes devem ser orientados a realizar com bastante cuidado, para tentar minimizar os possíveis erros. Eles devem calcular o peso do volume da água que foi deslocada depois que o corpo entrou no líquido. Lembre seus alunos que,  $1\text{ ml} = 1\text{ cm}^3$  e densidade da água como sendo  $1\text{ g/cm}^3$ . Peça para adotarem  $g=9,81\text{ m/s}^2$ . Os estudantes devem anotar o valor encontrado em seus cadernos.

8º Passo: agora, oriente-os a estabelecer uma relação entre o valor encontrado do peso de água deslocado e a diferença de leitura do dinamômetro antes e após o corpo ser submerso e que conclusões foi possível chegar.

9º Passo: cada grupo deveria ter encontrado para o 8º passo valores iguais entre o peso da água deslocada e a diferença de leitura do dinamômetro, mas muito provavelmente isso não tenha acontecido, pois erros que comprometeram os resultados podem ter ocorrido. Peça para os estudantes refletirem sobre os possíveis erros que podem ter comprometido os resultados.

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO

- a) Você já deve ter percebido que suspender uma pessoa no colo dentro da água ou outro objeto parece ser mais fácil. Como você explica isso?
  
- b) Considerando a questão anterior, parece então que os corpos imersos em fluidos ficam sujeitos a uma força que “ajuda” a suspender eles para cima. Você acredita que essa força depende do volume “tamanho” do corpo?
  
- c) Imaginem dois corpos de mesma massa (mesmo peso), mas com volumes diferentes, como por exemplo, uma bola de futebol e uma xícara. Se eles forem abandonados simultaneamente, dentro da água, na metade da profundidade de uma piscina. O que você acha que vai acontecer com eles?
  
- d) Imaginem a seguinte situação: duas pessoas A e B então nadando em águas profundas do mar e de um rio, respectivamente. Quando elas cansarem, qual delas terá mais facilidade de boiar para descansar a musculatura?
  
- e) Imaginem um navio que flutua em repouso na superfície das águas calmas do mar. Quantas forças você pensa que existem atuando no navio e qual a relação entre elas?

## APÊNDICE D – QUESTÕES APLICADAS APÓS AS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Questão 1. Dois corpos idênticos em massa e volume A e B, pendurados em dinamômetros intitulados A e B, devidamente calibrados, estão totalmente submersos em dois fluidos diferentes, A e B respectivamente. O peso registrado pelo dinamômetro B é menor do que aquele registrado pelo dinamômetro A. Neste caso, é correto afirmar que:

- a) A força de empuxo é a mesma para os dois corpos, pois eles são idênticos;
- b) A força de empuxo é maior sobre o corpo A, por isso ele registrou maior peso;
- c) A força de empuxo é maior sobre o corpo B, pois ele está imerso num fluido de maior densidade;
- d) A força de empuxo é maior sobre o corpo B, pois ele está imerso num fluido de menor densidade.

Questão 2. Imagine a seguinte situação: você está dentro de uma piscina quando um amigo te convida para fazer uma breve experiência. Ele pega duas bolas, uma de basquete e outra de vôlei, que têm a mesma massa. Ao colocar a bola de vôlei debaixo da água e soltar, você observa que ela sobe. Quando seu amigo repete o procedimento com a bola de basquete, você observa a mesma situação. Agora seu amigo pede para você tentar segurá-las debaixo da água, uma de cada vez. A respeito disso, analise as situações abaixo e marque a correta:

- a) Segurar as duas bolas totalmente imersas, uma de cada vez, ofereceu o mesmo grau de dificuldade embora as bolas tivessem volumes diferentes;
- b) Segurar a bola de basquete totalmente imersa foi mais difícil, pois ele tem maior tamanho;
- c) Segurar a bola de basquete totalmente imersa foi mais fácil, pois ele tem maior volume;
- d) Segurar a bola de vôlei totalmente imersa foi mais difícil, pois ele tem menor volume.

Questão 3. Dois corpos, A e B, de mesma massa, porém de volumes diferentes, são abandonados dentro da água, numa piscina. Ao serem soltos, observa-se que o corpo A sobe (emerge) enquanto o corpo B desce (submerge). A respeito dessa situação é correto afirmar que:

- a) Os dois corpos sofreram a mesma força de empuxo;
- b) Mesmo tendo a mesma massa, sofre maior força de empuxo o corpo B;
- c) Como não é conhecida a densidade da água, o volume de cada corpo e nem a aceleração gravitacional local, não é possível estabelecer uma relação entre as forças peso e empuxo para cada corpo;
- d) A força de empuxo determina o movimento do corpo, no caso do corpo A, ele sobe porque a força de empuxo sobre o corpo é maior que seu peso.

Questão 4. Quando um corpo está flutuando na superfície de um fluido, ele está em equilíbrio, ou seja, se considerarmos apenas o peso do corpo e a força de empuxo sobre ele, essas forças estão em condições de igualdade. Considere um navio que flutua navegando em águas oceânicas e que adentra numa lagoa (água doce). Observa-se que o navio continua flutuando, independentemente da água que ele navega. A respeito disso, analise as alternativas e marque a correta.

- a) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém observa-se que o casco do navio adentra um pouco mais na água doce, para conseguir manter a força de empuxo constante;
- b) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém não se observa nenhuma alteração na profundidade que o casco do navio ocupa em relação à água.
- c) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele saem da situação de igualdade, pois como a água doce é menos densa que a água salgada, a força de empuxo diminui, ficando esta menor que o peso do navio.

- d) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém, percebe-se casco do navio emergiu, ou seja, ficou um pouco menos submerso das águas doces da lagoa.

Questão 5. Dois corpos A e B de massas e volumes diferentes estão suspensos em dois dinamômetros que registram seus respectivos pesos. O dinamômetro no qual está suspenso o corpo A registra um peso maior do que aquele em que se encontra o corpo B suspenso. Ambos os corpos, ainda suspensos em seus respectivos dinamômetros são colocados dentro de um mesmo recipiente contendo óleo de cozinha, ficando totalmente submersos e não encostando em nenhuma parte do recipiente. Quando os sistemas entram em equilíbrio, os dinamômetros registram o mesmo peso. Analise as alternativas abaixo e marque a correta:

- a) Só é possível os dois dinamômetros registrarem o mesmo peso dentro do óleo se a força de empuxo for a mesma para os corpos A e B;
- b) Para que os dois dinamômetros registrem o mesmo peso dentro do óleo, o corpo B deve sofrer uma maior força de empuxo, logo tem volume maior que o corpo A;
- c) O peso registrando em ambos os dinamômetros é o mesmo quando os corpos estão imersos no óleo porque a força de empuxo sobre o corpo A é maior do que no corpo B, pois A deve ter um volume maior que B;
- d) Isso aconteceu porque os corpos, apesar de terem massas diferentes, sofrem forças de empuxo diferentes. Como o empuxo depende do volume do corpo, quanto maior o volume, menos empuxo, logo, volume do corpo B é maior que o volume do corpo A.

## **APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL**



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS SIGNIFICATIVAS PARA O ENSINO DO PRINCÍPIO DE  
ARQUIMEDES INTEGRANDO TEORIA E EXPERIMENTO**

**AUTOR: Carlos Alberto Steinmetz**

**ORIENTADOR: Dakir Larara Machado da Silva**

**COORIENTADOR: Ederson Staudt**

**TRAMANDAÍ**

**2018**

## APRESENTAÇÃO

O material, que será aqui apresentado, foi desenvolvido como produto educacional e é parte integrante do trabalho de conclusão do curso do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional, em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), no polo 50, sediado no Campus Litoral Norte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As sequências didáticas, que serão apresentadas neste produto, foram pensadas com a intenção de ajudar no desenvolvimento dos conceitos relacionados ao Princípio de Arquimedes (força de empuxo) de forma a integrar teoria e experimento, para uma turma de 9º Ano do Ensino Fundamental, explorando a participação dos estudantes na realização de experimentos e na construção dos conceitos teórico-matemáticos necessários. Esse material pretende colaborar com o Ensino, mostrando duas sequências didáticas em que o estudante, ao comparar o peso do líquido deslocado por um corpo ao entrar num fluido, percebe sua equivalência com a força de empuxo que atua no corpo, possibilitando a partir desse entendimento, a construção de uma equação para o cálculo dessa força de forma a possivelmente construir o conhecimento em suas estruturas cognitivas, compreendendo a relação desta força com as variáveis que a determinam. Para a aplicação das sequências didáticas aqui apresentadas, é interessante que o professor já tenha desenvolvido, junto com os seus estudantes, alguns conceitos importantes da hidrostática que servem de subsídios para a construção/compreensão do Princípio de Arquimedes na parte que tange a origem da força de empuxo, que não será abordado neste produto, mas que o professor pode em algum momento posterior, demonstrar essa origem. Dentre eles, o estudante deve ter amplo conhecimento dos conceitos de força, densidade, pressão, Princípio de Stevin e Princípio de Pascal. A aplicação do material, que será aqui apresentado, necessita de poucos artefatos físicos, podendo até mesmo ser desenvolvido em sala de aula, caso a escola não tenha laboratório de Física. Além disso, os materiais que serão utilizados geralmente são encontrados na escola, mesmo que compartilhados com outros componentes, como a Química e a Biologia. Espera-se que essas sequências didáticas possam contribuir para a prática pedagógica dos colegas professores a fim de colaborar com a construção de uma educação evoluída e duradoura, na qual os conceitos possam ser significativos nas estruturas cognitivas da parte mais interessada: o estudante.

## LISTA DE FIGURAS

<a href="#">Figura 1 – Balança de braços iguais em equilíbrio estático no ar</a>	15
<a href="#">Figura 2 – Sistema em desequilíbrio</a>	16
<a href="#">Figura 3 – Balança calibrada</a>	20
<a href="#">Figura 4 – Dinamômetro calibrado</a>	20
<a href="#">Figura 5 – Medida da massa do pires (antes da tara)</a>	20
<a href="#">Figura 6 – Massa descontada (depois da tara)</a>	20
<a href="#">Figura 7 – Dinamômetro fixado no suporte</a>	21
<a href="#">Figura 8 – Peso registrado no dinamômetro</a>	21
<a href="#">Figura 9 – Corpo submerso na água</a>	22
<a href="#">Figura 10 – Nova leitura do dinamômetro</a>	23
<a href="#">Figura 11 – Balança registrando a massa de água</a>	24
<a href="#">Figura 12 – Recipiente contendo água numa altura definida</a>	28
<a href="#">Figura 13 – Sistema montado</a>	28
<a href="#">Figura 14 – Medição do raio do cilindro</a>	29
<a href="#">Figura 15 – Medição da altura “h” do corpo</a>	28
<a href="#">Figura 16 – Peso registrado no dinamômetro</a>	30
<a href="#">Figura 17 – Corpo submerso na água</a>	30
<a href="#">Figura 18 – Nova leitura do dinamômetro</a>	31
<a href="#">Figura 19 – Medição da elevação do nível da água</a>	31

## SUMÁRIO

<b><u>1</u></b>	<b><u>INTRODUÇÃO</u></b>	<b>4</b>
<b><u>1.1</u></b>	<b><u>OBJETIVOS</u></b>	<b>8</b>
<b><u>1.2</u></b>	<b><u>Considerações Iniciais</u></b>	<b>9</b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>ORGANIZADORES PRÉVIOS</u></b>	<b>12</b>
<b><u>2.1</u></b>	<b><u>Questionário</u></b>	<b>12</b>
<b><u>2.2</u></b>	<b><u>Experimento Desencadeador de Questionamentos</u></b>	<b>13</b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>SEQUÊNCIA DIDÁTICA I</u></b>	<b>18</b>
<b><u>3.1</u></b>	<b><u>Materiais Utilizados</u></b>	<b>19</b>
<b><u>3.2</u></b>	<b><u>Construção do Experimento</u></b>	<b>19</b>
<b><u>3.3</u></b>	<b><u>Análise de Erros</u></b>	<b>24</b>
<b><u>3.4</u></b>	<b><u>Conclusão dos Estudantes</u></b>	<b>25</b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>SEQUÊNCIA DIDÁTICA II</u></b>	<b>27</b>
<b><u>4.1</u></b>	<b><u>Materiais Utilizados</u></b>	<b>27</b>
<b><u>4.2</u></b>	<b><u>Construção do Experimento</u></b>	<b>27</b>
<b><u>4.3</u></b>	<b><u>Análise de Erros</u></b>	<b>32</b>
<b><u>4.4</u></b>	<b><u>Conclusão dos Estudantes</u></b>	<b>32</b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DA FORÇA DE EMPUXO</u></b>	<b>34</b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>RESULTADOS: DIAGNOSTICANDO O CONHECIMENTO CONSTRUÍDO</u></b>	<b>36</b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u></b>	<b>40</b>
	<b><u>REFERÊNCIAS</u></b>	<b>41</b>
	<b><u>APÊNDICE A – EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES</u></b>	<b>43</b>
	<b><u>APÊNDICE B – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA I</u></b>	<b>48</b>
	<b><u>APÊNDICE C – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA II</u></b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino-aprendizagem, dos conceitos de Física no Ensino Fundamental e Médio, constitui-se num grande desafio para os professores deste componente curricular, uma vez que esta disciplina é tida por muitos estudantes como difícil, pois além de utilizar uma quantidade expressiva de fórmulas e operações matemáticas que não lhes parecem fazer sentido, também precisam ler e compreender os enunciados, o que nem sempre se evidencia (REZENDE; OSTERMANN, 2005).

Além disso, como afirmam os autores supramencionados, não há um significativo interesse dos estudantes com a própria Educação, tampouco, com essa importante área do conhecimento, pois muitos não enxergam no processo educacional perspectivas para o futuro.

Dentro desse contexto, de acordo com Moreira (2000), soma-se o desinteresse de muitos estudantes justificados pelo fato de que a grande maioria deles não irá estudar Física em etapas posteriores, pois entendem que em sua futura graduação não haverá conceitos de Física dos quais devem ter uma boa base para posteriormente aprofundá-los. Por essa razão, não tem sentido ensinar-lhes Física como se fossem físicos em potencial. Eles serão, sobretudo, cidadãos e, como tal, a Física que lhes for ensinada deve servir para a vida, possibilitando-lhes melhor compreensão do mundo contemporâneo.

Desta maneira, é necessário romper com essas ideias supramencionadas, justamente para mudarmos essa realidade. Nesse sentido, os professores que lecionam esse componente curricular, além de imbuídos de boa vontade e tempo para criar e planejar aulas, precisam ser criativos em suas práticas pedagógicas, com intuito de tornarem essa temática mais atraente e significativa aos seus estudantes, como afirmam Rezende e Ostermann (2005), onde o professor pode ensinar por projetos, relacionando os conceitos com o cotidiano do estudante e com aplicações tecnológicas por ele vivenciadas.

A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento do estudante e quando adquire significado para ele, sobretudo a partir da relação com seu conhecimento prévio, pois, como defendem Rezende e Ostermann (2005), onde o levantamento das concepções prévias dos estudantes se caracteriza como estratégia para a construção do conhecimento. Assim, quando o processo de aprendizagem se dá de

forma tradicional, sem a atribuição de significado para o estudante, ela se torna mecânica e repetitiva, com grandes chances desse conhecimento não ser bem assimilado. Nesse contexto, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apud Moreira (2013), enfatiza que os conceitos que já adquirimos, os esquemas de assimilação que já construímos, nossos construtos pessoais, enfim, nossa estrutura cognitiva prévia é o fator isolado que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.

Portanto, apontar práticas pedagógicas que incluam metodologias que proporcionam métodos alternativos de ensino-aprendizagem dos conteúdos da Física, levando em consideração o conhecimento prévio, é um dos caminhos para que possamos colocar em curso essas mudanças, sobretudo na percepção e entendimento que os estudantes têm em relação a essa área de conhecimento.

Assim, quando entendemos que uma educação de qualidade deve proporcionar, além do crescimento individual, condições de construção de conhecimentos que auxiliem os estudantes nas diversas situações cotidianas, resgatamos Mizukami (1986). O autor ressalta que a educação tem como finalidade primeira a criação de condições que facilitem a aprendizagem dos estudantes, de forma que seja possível seu desenvolvimento, tanto intelectual como emocional, mas também, possibilitar a criação de oportunidades nas quais os estudantes possam tornar-se pessoas com iniciativa, responsabilidade e autodeterminação.

Dentro desse contexto, uma preocupação importante que o professor deve ter, para que as questões discutidas anteriormente possam ser minimamente atingidas, refere-se ao planejamento das aulas. É imprescindível que ele seja capaz de entender como ocorre o aprendizado significativo nas estruturas cognitivas do estudante. Uma vez que o professor entende como ocorre esse processo e começa a usar essas informações no planejamento de suas aulas, isso corrobora para que suas estratégias de ensino e aprendizagem sejam mais eficazes, como afirma Nóvoa (1995) apud Schön (1997), onde o professor precisa compreender seus estudantes em suas peculiaridades e a partir delas, alcançar o desenvolvimento dos conceitos e suas aplicabilidades.

Dentre as estratégias metodológicas de ensino-aprendizagem que auxiliam na construção de conhecimentos no campo das ciências, pode-se destacar a utilização das atividades experimentais integradas com o desenvolvimento teórico. A forma como a experimentação deve ser usada dependerá muito da habilidade e

do conhecimento do professor para saber quais atividades deverão ser monitoradas, quais fenômenos deverão ser explorados e que conceitos serão desenvolvidos em cada experimento. Resgatando Nóvoa (1995) apud Schön (1997), a condução do professor na exploração dos fenômenos indicará como os estudantes irão compreender as novas informações.

Portanto, é primordial que os objetivos do experimento estejam bastante claros e sejam compatíveis com os aspectos cognitivos do estudante, pois, desta forma, tanto o professor quanto o estudante, terão mais facilidade em perceber a verdadeira importância de uma aula experimental, que agora não possui o papel de “teste” para aquilo que foi apresentado pela formulação teórica. Sendo assim, não basta apenas o docente dominar o conteúdo em questão, mas sim tornar-se um questionador, argumentando e propondo desafios, ou seja, atuando como orientador do processo de ensino (AZEVEDO, 2003).

Pode-se perceber, desta forma, a importância de se planejar e se executar atividades experimentais que privilegiem a elaboração de hipóteses pelos estudantes o que, ao final do processo, resultará numa formulação teórica que contém a descrição do fenômeno físico a ser estudado. Atividades propostas para que ele participe ativamente do processo de coleta de dados, análise, discussão, elaboração de hipóteses, isto é, que sejam planejadas com o objetivo de explorar habilidades cognitivas, podendo contribuir para o desenvolvimento do raciocínio lógico dos estudantes em busca de um aprendizado significativo, ou seja, as atividades experimentais podem ser solicitadas tanto para configurar os conhecimentos prévios como também para gerar conflitos de interpretação acerca de determinada situação (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991).

Levando-se em conta que o conhecimento avança com a problematização, a presença de questionamentos deve ocorrer em todas as etapas de um experimento e não apenas na forma de perguntas ao final de um relatório, logo, as atividades experimentais não se constituem apenas de um roteiro prescrito, mas também estão ligadas a forma com que o professor gerencia as dinâmicas construtivistas em sala de aula (ALVES FILHO, 2000).

Para o autor supramencionado, vale ressaltar que questões apresentadas ao final da atividade experimental, podem auxiliar no processo de avaliação dos estudantes, mas os questionamentos também podem se configurar como ponto de partida de um experimento, se apresentados como um problema inicial, ou ainda

como modo de favorecer uma previsão, explicação ou justificativa de algo observado.

Além disso, deve-se destacar que a discussão de uma situação problema nem sempre leva à solução dele, e que mais importante que resolver o problema é o método utilizado para tal. Assim, solucionar ou não um problema envolve o processo de pensar e isso possibilita desenvolver as potencialidades de raciocínio dos estudantes.

Diante da resolução de um problema, habitualmente o professor espera que o estudante obtenha um resultado correto. E se acaso isso não aconteça, normalmente, o professor desconsidera todo processo de construção. Investigar as razões pelas quais os resultados encontrados foram diferentes dos previstos pode ser uma alternativa tão rica quanto a de obtê-los (BIZZO, 1998).

Enfim, independentemente do tipo de experimento realizado, o que deve ser valorizado é o grau de problematização que este experimento possui. A esse respeito, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências ressaltam:

[...] É fundamental que as atividades práticas tenham garantido o espaço de reflexão, desenvolvimento e construção de ideias, ao lado de conhecimentos de procedimentos e atitudes. Como nos demais modos de busca de informações, sua interpretação e proposição são dependentes do referencial teórico previamente conhecido pelo professor e que está em processo de construção pelo aluno. Portanto, também durante a experimentação, a problematização é essencial para que os estudantes sejam guiados em suas observações [...]. (BRASIL, 1998, p. 122).

Desta forma, torna-se evidente a necessidade de desenvolver e executar atividades integradas de teoria e experimento que criem oportunidade para os estudantes se envolverem em um problema e procurar suas possíveis soluções com o auxílio do professor. Esse é um ponto importante a ser levantado, pois não é simplesmente a adoção de atividades experimentais que faz com que haja melhorias no aprendizado do estudante; a forma como se procura relacionar as práticas com os conteúdos é uma alternativa para os estudantes entenderem e relacionarem os seus conhecimentos anteriores com o que lhes está sendo apresentado (ALVES FILHO, 2000).

O empenho dos estudantes em tarefas que impliquem diversas fases de uma investigação científica, desde o planejamento, passando pelo levantamento de hipóteses e pela execução, incluindo a discussão, contribui para a construção do seu conhecimento. É nessa perspectiva que o trabalho teórico-experimental deve ser entendido, como uma atividade investigativa e cooperativa, facilitadora de

aprendizagem significativa. Vale ressaltar que a atividade experimental na escola, não implica em fazer ciência e sim, demonstrar a construção de um conceito que obedece a um conjunto de regras ou dados observáveis.

Assim, o que se busca atualmente no Ensino de Ciências e em especial no Ensino de Física, é um ensino problematizado e contextualizado, onde o professor se reinventa para trazer para a sala de aula as questões/dúvidas encontradas no cotidiano da sociedade e que busque através da investigação, resolvê-las à luz de conceitos técnicos e científicos (CACHAPUZ et al., 2005).

Desta forma, o estudante pode reconstruir estes conceitos, relacionando-os à sua vida e pode deixar de ver os conhecimentos científicos como algo exclusivo dos cientistas ou que precise se tornar um cientista para poder compreendê-los.

Nessa perspectiva, um professor de Física pode começar o desenvolvimento e a construção de um conceito executando uma experiência prática com seus estudantes, como defende Santos (2008), usando uma estratégia didática que problematize um conteúdo, tornando a aula mais instigante em que, por meio da observação direta de um determinado fenômeno físico, os estudantes são instigados a buscarem explicações lógicas com bases em seus próprios conhecimentos.

Assim, a utilização de experimentos integrados com desenvolvimentos teóricos na forma de sequências didáticas, configura-se como metodologia mais ampla e relevante para o desenvolvimento e construção de diversos conceitos e temáticas do campo da Física. Levando em consideração o que foi supramencionado, fica evidente que, através de atividades experimentais, oportuniza-se um espaço importante para discussões e reflexões, o qual contribui e se relaciona diretamente para a efetivação da aprendizagem significativa.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é propor duas sequências didáticas significativas para o ensino do Princípio de Arquimedes, relacionando a prática experimental com a construção da teoria que norteia a força de empuxo exercida sobre corpos imersos em fluídos, onde o estudante consegue estabelecer uma relação entre a força de empuxo e o peso do fluído deslocado, possibilitando a construção de forma significativa de uma equação para o cálculo desta força. Pode-se desmembrar o objetivo geral deste trabalho nos seguintes objetivos específicos:

- g) Demonstrar a aplicação de duas atividades experimentais que se configuraram como ferramentas de ensino-aprendizagem;
- h) Dimensionar a importância da organização prévia dos estudantes numa atividade experimental, tanto no sentido social como cognitivo;
- i) Enfatizar a relevância das atividades que proporcionam a organização dos saberes já adquiridos pelos estudantes, caracterizando-se como organizadores prévios;
- j) Organizar os conhecimentos prévios dos estudantes, através de um questionário aplicado antes das sequências didáticas propostas;
- k) Desenvolver e aplicar um experimento desencadeador de questionamentos junto aos estudantes, de forma a chamar a atenção e envolve-los na aula;
- l) Demonstrar a construção de uma equação para o cálculo da força de empuxo sobre corpos imersos em fluídos, a partir dos resultados encontrados nas atividades experimentais de cada sequência;
- m) Propor um questionário, pós aplicação das sequências didáticas, que tem por finalidade diagnosticar o nível do conhecimento construído junto aos estudantes.

## 1.2 Considerações Iniciais

As sequências didáticas que estão sendo propostas neste trabalho, têm por objetivo gerar resultados experimentais que possibilitem aos estudantes estabelecerem uma relação entre a força de empuxo e o peso do líquido deslocado, para que, no final das práticas, eles compreendam que é a partir da equivalência destas forças que pode-se definir uma expressão para o cálculo da força de empuxo sobre corpos imersos em fluidos.

No entanto, caso o professor que adotar essas sequências didáticas como ferramentas de ensino, para explicar o valor da força de empuxo, decida também explicar a origem desta força, consideramos importante que os conceitos iniciais da hidrostática já estejam bem construídos com os estudantes. Além disso, sugere-se que sejam adotadas metodologias semelhantes àquelas aqui apresentadas, ou seja, utilizando-se de práticas experimentais para introduzir estes conceitos iniciais, pois

eles serão necessários, dentro de um encadeamento lógico, para entender qual é a origem da força de empuxo que surge nos corpos imersos em fluidos. Dentre alguns conceitos, seguem abaixo alguns essenciais:

- a) **Força:** os estudantes devem ter domínio sobre os conceitos de força e suas consequências, bem como saber estabelecer a relação entre forças e força resultante;
- b) **Fluidos:** os estudantes devem ter conhecimento sobre o que são fluidos, suas características e peculiaridades;
- c) **Densidade:** esse conceito será utilizado para o cálculo da fração submersa de um corpo que flutua num fluido e também para entender a relação entre a força peso de um corpo e a própria força de empuxo;
- d) **Pressão:** será necessário utilizar este conceito para entender a origem da força de empuxo, por isso, é interessante que os estudantes tenham domínio do conceito de pressão, que está definido em termos da própria força;
- e) **Princípio de Stevin:** assim como um sólido exerce pressão sobre uma superfície, um fluido também exerce pressão em torno de um corpo nele imerso ou nas paredes que o condiciona. Este princípio também será essencial para a definição da força de empuxo;
- f) **Princípio de Pascal:** será importante o estudante entender que, em um fluido, a pressão se transmite integralmente em todas as direções para compreender que é a diferença de pressão exercida pelo fluido, entre a parte de baixo e parte de cima do corpo, que dá origem à força de empuxo.

Naturalmente, cabe ao professor desenvolver os conceitos, citados acima, da maneira que achar mais construtiva. Evidentemente, como já foi supramencionado, se os conceitos citados anteriormente, forem desenvolvidos com o auxílio de práticas experimentais integradas ao desenvolvimento conceitual, isso poderá colaborar com as sequências aqui propostas, uma vez que a sala de aula está proporcionando um espaço diferenciado de aprendizagem que inclui a observação de experimentos e a consequente construção teórica para a explicação dos fenômenos observados. Além do mais, é importante compreender que maneiras alternativas, como as práticas experimentais, devem ser utilizadas ao máximo, se possível em todas as aulas, dessa forma as sequências didáticas aqui propostas apenas viriam a complementar uma

metodologia já adotada pelo professor, como foi a implementação do próprio produto, não se constituindo ponto fora da curva.

Em suma, uma vez que o professor adota, como recursos didáticos, atividades experimentais para o desenvolvimento de conceitos, ele está propondo a seus estudantes um espaço diferenciado de construção de conhecimento, pois, por meio da visualização de determinado resultado prático, ele é convidado a pensar, buscar explicações lógicas para o observado ou mesmo resgatar em suas estruturas cognitivas conceitos que deem subsídios a tais explicações. Como defendem Santos et al. (2004), o professor precisa colocar o aluno diante de situações práticas que permitam o surgimento de questões, do processo de reflexão na ação e, para isso, ele mesmo deve fazer esse processo na sua prática diária e nos momentos de formação.

Para a aplicação deste material, é sugerido que o professor faça uma organização prévia dos grupos que irão executar as práticas (quatro a seis estudantes). Um motivo importante pelo qual se faz necessária essa organização dos grupos está relacionado ao caráter cognitivo. O professor deve organizar os grupos de tal forma que cada um deles contenha estudantes que tenham maior facilidade no componente de Física com outros estudantes que não o tenham, deixando os grupos com aspecto mais heterogêneo possível. Isso é importante para que, durante a aplicação das sequências didáticas, as atividades realizadas nos grupos aconteçam de forma paralela.

Essa organização tende a garantir um bom andamento da atividade e deve ser realizada exclusivamente pelo professor de acordo com as características de cada estudante, embora muitas vezes eles prefiram montar os grupos de acordo com afinidades o que quase sempre acaba resultando em grupos não heterogêneos, o que obviamente deve ser evitado.

## **2 ORGANIZADORES PRÉVIOS**

Organizadores prévios são recursos didáticos cuja finalidade é potencializar a aprendizagem significativa. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apud Reis (2015), se caracterizam como organizadores prévios os recursos e materiais que introduzem um determinado assunto de maneira mais geral e inclusiva, além de possuir um grau mais alto de abstração. Sua principal função é possibilitar uma ação entre aquilo que um indivíduo já conhece a respeito de um assunto e aquilo que ele deve aprender de forma significativa, ou seja, os organizadores prévios são úteis por facilitarem a aprendizagem, à medida que introduzem “pontes cognitivas” mais gerais e inclusivas, permitindo a interação entre a nova informação e aquela já armazenada na estrutura cognitiva do indivíduo.

Segundo Moreira, Sousa e Silveira (1982): “o uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva, entendida como a estrutura de conhecimento do indivíduo, a fim de facilitar a aprendizagem significativa [...]” e, conseqüentemente, gerar uma disposição para a aprendizagem de novos conceitos.

Neste sentido, são propostas duas atividades que devem ser aplicadas antes das sequências didáticas, que tendem a potencializar a organização dos conhecimentos prévios: um questionário e um experimento desencadeador de questionamentos.

### **2.1 Questionário**

Uma vez que os grupos de estudantes já se encontrarem acomodados no local determinado pelo professor, para executar as sequências didáticas, o mesmo pode começar a atividade aplicando um organizador prévio, constituído por um questionário, cujas perguntas pré-elaboradas visam a desacomodação do estudante no sentido de tentar explicar algumas situações que provavelmente já tenham sido experimentadas por eles.

Quando os estudantes tentam responder à essas perguntas, eles precisam organizar seus conhecimentos internos de tal forma que consigam formular uma possível solução para cada problema apresentado. Na aplicação deste Produto Educacional, foram apresentadas as seguintes questões:

- f) Você já deve ter percebido que suspender uma pessoa no colo dentro da água ou outro objeto parece ser mais fácil. Como você explica isso?
- g) Considerando a questão anterior, parece então que os corpos imersos em fluidos ficam sujeitos a uma força que “ajuda” a suspender eles para cima. Você acredita que essa força depende do volume “tamanho” do corpo?
- h) Imaginem dois corpos de mesma massa (mesmo peso), mas com volumes diferentes, como por exemplo, uma bola de futebol e uma xícara. Se eles forem abandonados simultaneamente, dentro da água, na metade da profundidade de uma piscina. O que você acha que vai acontecer com eles?
- i) Imaginem a seguinte situação: duas pessoas A e B estão nadando em águas profundas do mar e de um rio, respectivamente. Quando elas cansarem, qual delas terá mais facilidade de boiar para descansar a musculatura?
- j) Imaginem um navio que flutua em repouso na superfície das águas calmas do mar. Quantas forças você pensa que existem atuando no navio e qual a relação entre elas?

Uma vez que essas questões forem respondidas pelos estudantes, provavelmente a estrutura cognitiva deles estará se reorganizando para absorver e assimilar as respostas dadas por outros colegas e isso é bom, pois é sinônimo de que está havendo a organização dos saberes internos no sentido de solucionar ou resolver um problema apresentado.

As questões que foram apresentadas anteriormente são apenas sugestões, ou seja, o professor que adotar as sequências didáticas propostas neste trabalho tem a liberdade de formular outras questões que abordem outras situações problemas para atuarem como organizadores prévios. No entanto, é importante ressaltar que essas questões serviram como elementos de comparação com outro questionário, que foi aplicado após a realização das duas sequências didáticas propostas.

## **2.2 Experimento Desencadeador de Questionamentos**

Após a aplicação do questionário, que atuou como organizador dos conhecimentos prévios dos estudantes, antes de realizar qualquer uma das

sequências didáticas aqui propostas, poderá ser aplicado um experimento desencadeador de questionamentos junto aos estudantes, que se caracteriza por algo que os tire de sua zona mental de conforto e que então sejam mediados para que pensem em explicações lógicas para um dado fenômeno por eles observado. Além disso, essa experiência que antecede as sequências, pode se configurar um elemento capaz de diagnosticar os conhecimentos prévios que os estudantes já têm construídos em suas estruturas cognitivas, permitindo ao professor uma sondagem acerca do nível de conhecimento de seus estudantes e, a partir disso, tangenciar indagações ou discussões interessantes no decorrer da aplicação das sequências.

O experimento extra, que será aqui proposto, é apenas uma sugestão de prática, portanto, é possível, caso se queira realizar essa ou outras práticas, que colaborem no sentido de desencadear questionamentos por parte dos estudantes ou como período de sondagem dos conhecimentos prévios.

Para o nosso caso, utilizamos a constatação de que ocorre uma quebra no equilíbrio de uma balança de braços iguais, mostrado pelo desvio na vertical em um determinado sentido, quando ela sustenta dois corpos idênticos, sendo um deles mergulhado em algum tipo de líquido. Serão necessários para a montagem da prática sugestiva os seguintes materiais, conforme Figura 1:

- a) balança de braços iguais;
- b) arame;
- c) dois corpos idênticos em massa e volume;
- d) recipiente para acomodar água;
- e) água;
- f) suporte para a balança de braços iguais.

Para fazer a construção da balança de braços iguais, foi utilizado um pedaço de cano de PVC de um determinado comprimento e três pedaços de arames maleáveis de aproximadamente mesmo tamanho entre si, sendo que um deles foi fixado no centro gravitacional do cano, que coincide com o centro de massa e os outros dois pedaços foram fixados nas extremidades, para posterior fixação dos corpos idênticos, como pode ser visto na Figura 1. É importante que, na montagem da balança, na ponta livre dos arames fiquem ganchos para pendurar os corpos, além de um gancho central para pendurar o próprio cano de PVC. Quando o sistema for inicialmente montado, é preciso

que esteja em equilíbrio, isto é, deve haver a anulação de forças resultantes e torques resultantes. Diante de uma construção artesanal, é bem possível que algumas pequenas correções precisem ser feitas deslocando-se o arame que está enrolado no cano de PVC para um dos lados. Assim, é altamente recomendável a construção de um projeto técnico mais elaborado, que pode ser de baixo custo, mas de boa qualidade, com o intuito de evitar esses ajustes. A balança que será apresentada na figura a seguir foi pensada de modo que sua construção fosse relativamente fácil, tendo em vista de o que se visava era apenas uma visão qualitativa.

Figura 34 – Balança de braços iguais em equilíbrio estático no ar



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: nesta figura, o sistema em equilíbrio estático na horizontal demonstra que os corpos suspensos nas extremidades têm a mesma massa.

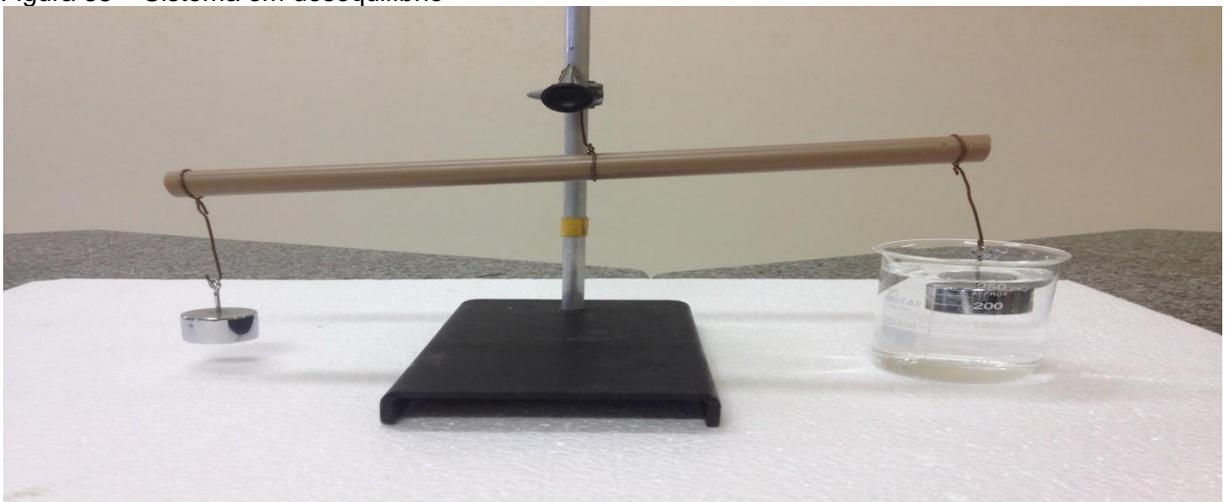
Uma vez que o sistema está em equilíbrio estático, alguns questionamentos pertinentes podem ser realizados, isso com o intuito de relembrar conceitos mais antigos e que, ao final, devem refletir no fato de que qualquer mudança no equilíbrio se deve à existência de uma força resultante não nula, não importando o nome que demos a ela. Dentre eles, pode ser perguntado sobre a existência de forças que atuam no sistema, quais são elas e onde atuam e também qual deve ser o somatório delas (caso se identifique mais do que uma força) para que o sistema fique em equilíbrio. Além disso, isso serve como reforço da ideia de que, na Física, muitos assuntos não são totalmente novos, mas a de um conceito, anteriormente estudado, manifestando-se numa outra área. Uma vez que o professor obtém as respostas dos estudantes, ele pode indagar sobre o que precisaria acontecer para que o sistema saísse do equilíbrio estático, ou mesmo, que previsão haveria sobre o equilíbrio do sistema se um dos corpos nas extremidades da balança fosse colocado parcialmente ou integralmente dentro de um

líquido. Pode-se também atuar com a mão exercendo uma força em qualquer braço da balança para tirar o sistema de equilíbrio. Todas as situações servem para mostrar a sua equivalência.

Este é um momento interessante deste produto, pois nem sempre as respostas ou previsões que os estudantes têm são aquelas que nós, professores, gostaríamos de ouvir. Cabe ao professor então, tangenciar e fomentar discussões a respeito das respostas e previsões dos estudantes fazendo outras associações com situações cotidianas facilmente vivenciadas por eles para confirmar o que pensam ou mesmo para confrontarem suas ideias iniciais. Frisamos, entretanto, que a turma-piloto se mostrou diferenciada, conseguindo alcançar raciocínios bastante peculiares para esta fase escolar.

Quando o mediador entender que o momento é propício e que já conseguiu extrair as previsões de seus estudantes, tendo a dimensão do conhecimento deles, pode agora, vagarosamente baixar o sistema de forma que um dos corpos adentre um recipiente com água, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 35 – Sistema em desequilíbrio



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: o equilíbrio horizontal é rompido, pois o corpo da extremidade da direita, ao ser imerso na água, fica sujeito a uma força vertical para cima, denominada empuxo.

Após observarem o resultado, o professor deve retomar com seus estudantes se a previsão teórica foi satisfeita ou se não, instigá-los a pensar no porquê do resultado obtido e que explicações poderia haver para isso. Uma alternativa é perguntar o que aconteceria se os dois corpos fossem imersos simultaneamente em dois líquidos, inicialmente, de mesma densidade e, posteriormente, com densidades diferentes. Qual seria a configuração do sistema e o porquê. Dessa maneira, os

estudantes começam a se questionar a respeito dos resultados observados, o que é essencial no processo de investigação científica.

### 3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA I

Chegamos, finalmente, no momento de desenvolvermos a primeira sequência didática e apresentar aos colegas professores o método experimental-teórico o qual se constitui numa alternativa viável para o ensino do Princípio de Arquimedes (Empuxo) com um número reduzido de materiais, com o objetivo de fazer com que o ensino-aprendizagem aconteça de forma lúdica e, ao mesmo tempo, questionadora, do qual o estudante participa da construção do conceito, estabelecendo hipóteses, dando explicações, conferindo os resultados e pensando no porquê deles.

Para dar início à sequência, o professor pode fazer um breve momento de sondagem, retomando o questionário aplicado anteriormente e o experimento desencadeador de questionamentos, indagando algumas questões relevantes para que o estudante entenda que deve haver uma força atuando de baixo para cima nos corpos quando imersos em fluidos, por exemplo:

- a) Por que um navio flutua?
- b) Por que um tronco de madeira pode ou não boiar na água?
- c) Por que uma pedra parece ser mais leve dentro de um rio?
- d) O que aconteceria se uma pedra fosse abandonada dentro de um recipiente contendo mercúrio?
- e) Por que suspender uma pessoa no colo dentro da água parece ser mais fácil?

De posse dessas e outras respostas, o professor já tem uma noção do nível de conhecimento prévio dos estudantes. Ainda é preciso lembrar de que a Física não pode se resumir apenas a aspectos qualitativos, então é preciso agora organizar os materiais necessários para começar a sequência didática I para a construção de um resultado quantitativo, onde será demonstrada a equivalência entre a força de empuxo e o peso do fluido deslocado. O professor pode combinar com os estudantes a organização dos materiais, caso a escola não disponha de todos. Se for o caso, para facilitar a sequência, pode-se dividir a turma em grupos maiores ou menores, de acordo com os materiais disponíveis.

### 3.1 Materiais Utilizados

Para cada grupo, serão necessários os seguintes materiais:

- a) 01 dinamômetro;
- b) 01 suporte para dinamômetro;
- c) 02 recipientes ou canecas;
- d) 01 balança de precisão ou de contrapeso;
- e) 01 pires ou recipiente similar;
- f) 1 corpo metálico, de preferência para um de aspecto regular;
- g) Água.

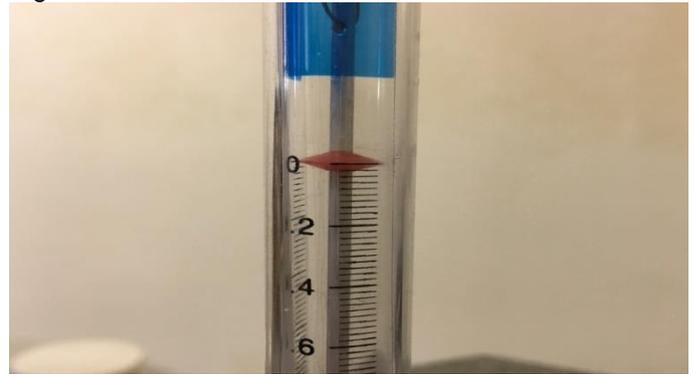
### 3.2 Construção do Experimento

Com os estudantes já organizados em seus respectivos grupos e de posse dos materiais necessários, deve-se instigá-los para propor a montagem de um experimento que permita elucidar as hipóteses estabelecidas para responder às questões acima. Ressalta-se a necessidade de tomada consciente de decisão em cada uma das etapas de construção do aparato experimental com o intuito de verificar determinada manifestação. Dito de outro modo, não se recomenda o fornecimento de um roteiro de montagem. Caso não seja possível efetuar esse processo, deve-se orientar os estudantes adequadamente (ANEXO B). Efetuando-se o procedimento de montagem, eles já se tornam parte integrante da aula onde, sem perceber, os procedimentos científicos estarão em cena como protagonistas e não como receituários. Pede-se para calibrarem a balança de precisão (Figura 3) e pendurarem o dinamômetro no suporte e realizarem a sua calibragem (Figura 4). Aproveita-se, então, para frisar a necessidade de alguns cuidados como, por exemplo, atenção para evitar o erro de paralaxe.

Figura 36 – Balança calibrada



Figura 37 – Dinamômetro calibrado



Fontes: Registradas pelo autor.

Legenda: na Figura 3, é possível observar a balança calibrada após ser pressionada a tecla “zero”. A Figura 4 demonstra o dinamômetro devidamente calibrado, onde o marcador do instrumento coincide com o marco zero do instrumento.

Nessa prática, como se irá medir a massa correspondente a um certo volume de água que irá transbordar do recipiente para dentro do pires a fim de determinar o seu respectivo peso, é importante que os estudantes meçam a massa do pires (Figura 5) e posteriormente, façam a tara do pires (igual a restaurantes que servem comida a quilo, foi, por exemplo, uma das afirmações realizadas por um estudante), como pode ser observado na Figura 6, para descontar a massa do pires. Caso o grupo esteja usando uma balança de contrapeso, o desconto dessa massa será feito via cálculo.

Figura 38 – Medida da massa do pires (antes da tara)



Figura 39 – Massa descontada (depois da tara)



Fontes: Registradas pelo autor.

Legenda: na Figura 5, é possível observar a massa do pires sendo registrada na balança de precisão. Na Figura 6, é representada a massa do pires já descontada após ser pressionada a tecla “tara”.

Com o dinamômetro já fixado no suporte e devidamente calibrado (Figura 7), pede-se para os estudantes pendurarem no dinamômetro o corpo que será mergulhado na água (Figura 8) e fazerem a respectiva leitura (cuidado com a escala

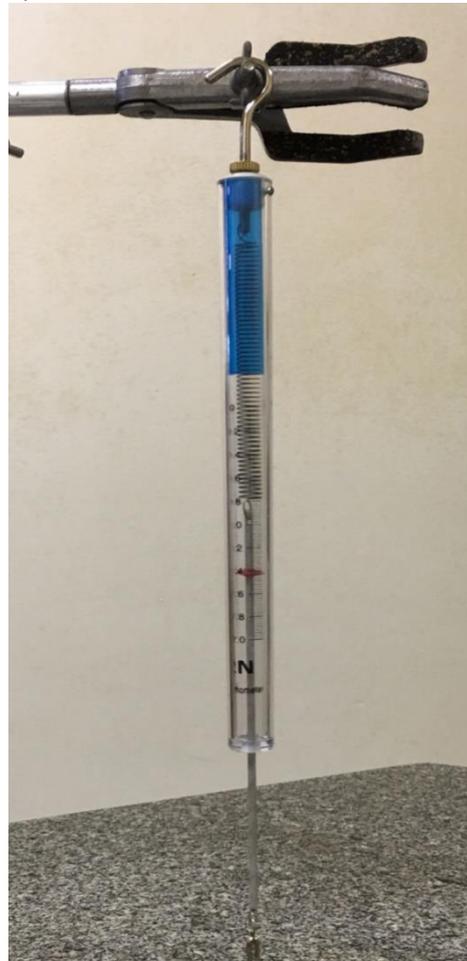
do dinamômetro). Pode-se discutir o que representa essa leitura. O corpo que está na Figura 8 pode ser substituído, por exemplo, por uma pilha grande.

Figura 40 – Dinamômetro fixado no suporte



Figura 41 – Peso registrado no dinamômetro

Fontes: Registradas pelo autor.

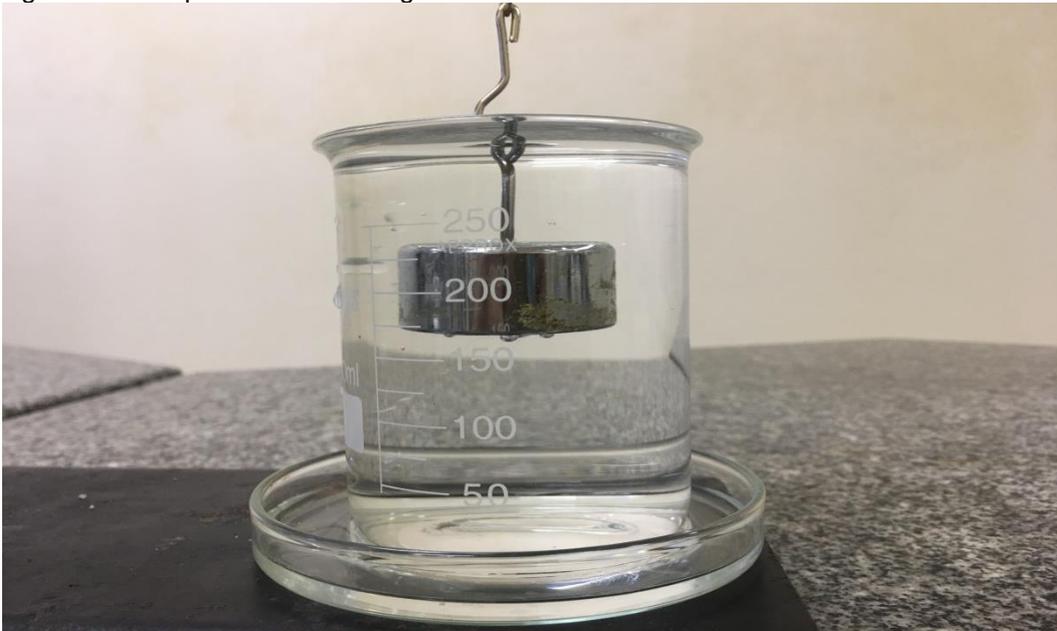


Legenda: a Figura 7 ilustra o dinamômetro calibrado e fixado no suporte. Já a Figura 8 representa a deformação sofrida pela mola que constitui o dinamômetro após ser pendurado na extremidade inferior um corpo. É possível também observar que o marcador do instrumento está indicando o peso do corpo nele suspenso.

Deve-se pedir para os estudantes encherem o recipiente com água até a iminência de transbordar e posicioná-lo dentro do pires abaixo do dinamômetro, de maneira que, quando o suporte for baixado com o conjunto dinamômetro mais corpo, ele entre na água de forma a não bater nas laterais do recipiente. A orientação deve transcorrer lentamente, fazendo o corpo entrar totalmente dentro da água até que a parte superior fique logo abaixo da lâmina de água (Figura 9). A seguir, pede-se para os estudantes observarem que, conforme o corpo vai entrando na água, uma parte dela derrama para fora do recipiente, caindo dentro do pires. Orienta-se para que um dos estudantes acompanhe a variação da leitura no dinamômetro enquanto que o

objeto vai adentrando na água. Quando o corpo estiver totalmente imerso, derramará um determinado volume de água que estará acondicionada dentro do pires. A seguir, vem um momento bem importante, o estudante que acompanhou a variação da leitura na escala do dinamômetro, deve narrar o que observou para que os demais observem a leitura atual do dinamômetro (Figura 10). É trivial observar um valor menor comparado àquele lido quando o corpo estava imerso no ar. Propõe-se a eles a questão quanto ao porquê de o valor registrado no dinamômetro ter diminuído e de quanto foi em cada grupo. Tenta-se verificar se existe conexão das respostas atuais com as dadas no caso do experimento desencadeador de questionamentos. Por fim, explica-se que essa diferença de força registrada fora e dentro da água corresponde a uma força e que ela é então denominada de força de empuxo oferecido pela água.

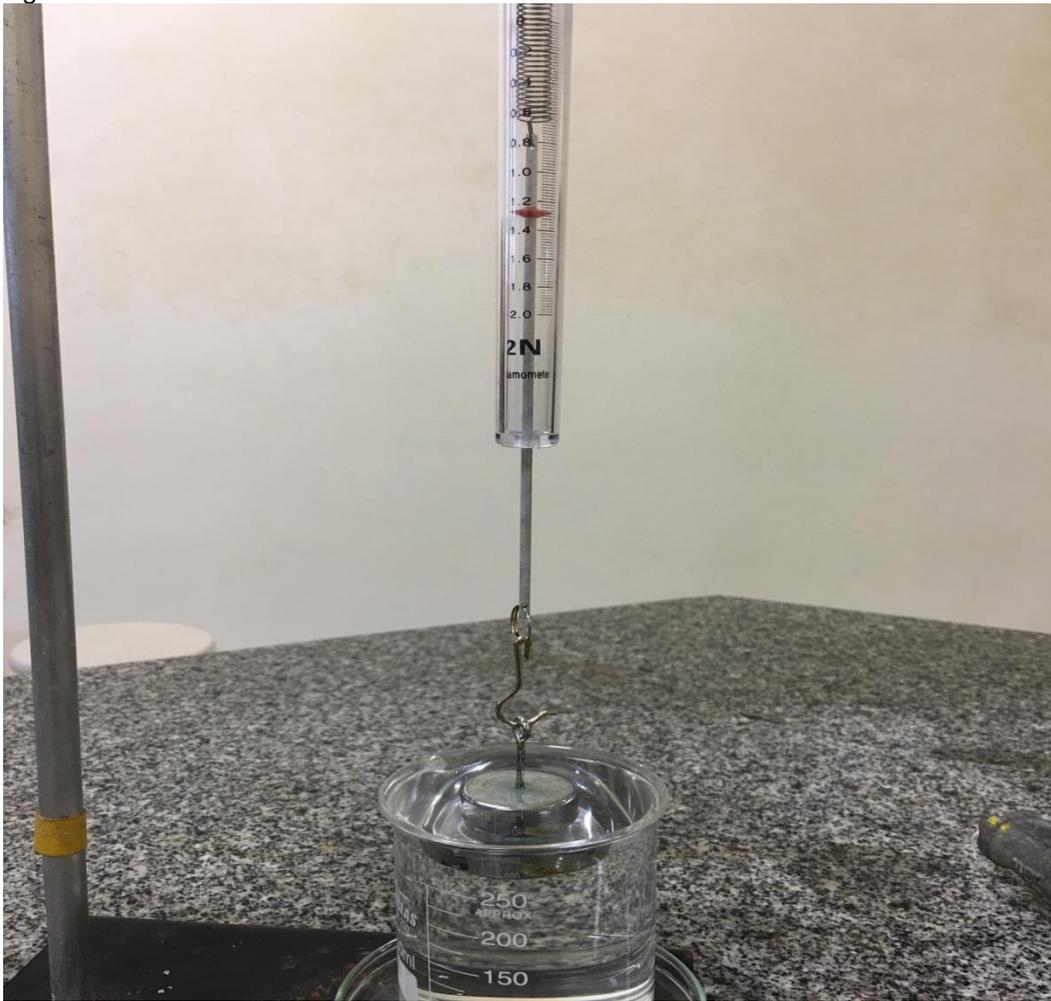
Figura 42 – Corpo submerso na água



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura acima, o corpo escolhido para a prática experimental está completamente imerso na água. Ao observar com atenção, é possível perceber que o volume de água derramado está contido dentro do pires.

Figura 43 – Nova leitura do dinamômetro



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura acima, é representada a nova leitura do dinamômetro, uma vez que o corpo se encontra em equilíbrio totalmente submerso. Essa nova leitura é menor do que aquela registrada pelo instrumento quando o corpo estava imerso no ar e em equilíbrio.

Até aqui, os valores que os estudantes encontraram foram todos obtidos experimentalmente. Os alunos devem ser instigados, de acordo com as próprias previsões e discussões anteriores, a pensarem se há outra maneira de se calcular o módulo dessa força de empuxo. Acabadas as discussões, prossegue-se com a sequência.

As respostas devem ser utilizadas para guiar os estudantes e os levar a concluir a necessidade de medir a massa da água para ver se existe uma relação entre o valor encontrado para a força de empuxo oferecida pela água e essa massa de água derramada, o que pode ser alcançado pela relação entre massa e força peso. Deve-se orientar os estudantes a tirar o objeto de dentro do recipiente com cuidado evitando que haja derramamento de mais água do recipiente para o pires. Posteriormente, o recipiente é retirado do pires evitando carregar a água que está nele. A seguir, pede-se aos estudantes para pegarem o pires com água e levar o sistema até a balança

para medir unicamente a massa da água (pois na balança já foi feita a tara do pires), como pode ser visto na Figura 11. Caso a balança utilizada não mensure a massa em  $Kg$ , oriente os estudantes a converterem essa massa de água para  $kg$  pedindo para eles calcularem o módulo do peso dessa massa de água por meio da Equação  $P = mg$ . Eles devem ser orientados a usar  $g = 9,81 m/s^2$ . Depois disso, propõe-se que estabeleçam uma relação entre a força de empuxo e o peso de água derramada. O professor já sabe que, dentro da precisão dos equipamentos envolvidos e dos erros procedimentais, os valores devem ser iguais, mas provavelmente seus estudantes não acharão o mesmo valor para as duas forças e sim valores próximos. Conclui-se com eles que o módulo da força de empuxo é exatamente igual ao módulo do peso do líquido deslocado e dizendo-se para eles pensarem no porquê de os resultados encontrados terem sido diferentes.

Figura 44 – Balança registrando a massa de água



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na figura acima, é possível visualizar a leitura da massa de água derramada dentro do pires após o corpo ser totalmente imerso na água. O volume de água condicionado no pires deveria ser igual ao volume do corpo submerso.

### 3.3 Análise de Erros

Ao realizar qualquer atividade experimental, é muito importante que se faça uma discussão acerca dos possíveis erros que possam ter ocorrido durante a atividade e relacionar como isso pode ter comprometido os resultados finais observados. De partida, desconsideramos a precisão dos próprios equipamentos de

medida utilizados na sequência. Dentre alguns dos possíveis erros, podem-se destacar:

- a) **Erro na calibragem do dinamômetro:** dispositivos iguais aos usados nesta sequência para medir o peso de objetos permitem um erro que precisa ser observado, em que se podem obter diferentes leituras de calibragem dependendo do ângulo que o estudante olha para o dinamômetro (erro de paralaxe). Os estudantes devem olhar para o dispositivo na horizontal e com seus olhos no mesmo nível da parte inferior dele;
- b) **Erro de leitura da força:** os estudantes podem cometer um erro aparentemente simples, anotando valores de forças não correspondentes, uma vez que não observem com atenção a escala do dinamômetro (graduação);
- c) **Erro na mensura do volume de água extravasada:** aqui os estudantes devem tomar muito cuidado, tendo em vista que a tensão superficial da água pode retardar o derramamento de líquido, logo, o volume de líquido extravasado não seria correspondente ao volume do corpo. Para minimizar os erros, o recipiente deve estar cheio de tal forma que, quando o corpo começar a entrar na água, ela imediatamente comece a transbordar.

Evidentemente, outros erros que não foram aqui citados podem ter acontecido e acabaram comprometendo os resultados encontrados para a força de empuxo, por isso é importante que o professor esteja atento para, se necessário, chamar a atenção dos estudantes de forma a evitar ou prever erros que possam vir a acontecer.

Deve-se ressaltar aos estudantes que, quanto melhor o desempenho do experimento, minimizando-se os erros, mais próximos os resultados experimentais estarão do previstos teoricamente.

### 3.4 Conclusão dos Estudantes

Este é um momento da sequência muito importante, pois é o espaço em que o estudante possivelmente estabelecerá relações interessantes entre o valor da força de empuxo e o peso do líquido deslocado, possivelmente chegando a conclusão de que essas forças se equivalem em módulo. É válido ouvir os estudantes, fazer

indagações pertinentes que os encaminhe à explicação correta, escutar suas conclusões ou seus questionamentos, engajá-los efetivamente a participarem do momento. Seria interessante que o professor propusesse algumas discussões ou questionamentos que fizessem os estudantes concluírem ou fazerem previsões de resultados a respeito da força de empuxo se o mesmo corpo fosse mergulhado em líquidos de densidades diferentes. Quando houver tempo, faz-se interessante repetir a mesma sequência com outros fluidos de densidades diferentes.

## 4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA II

A sequência que será aqui proposta deve ser aplicada após a primeira sequência didática, mas, pode se constituir como alternativa à primeira, uma vez que o professor as conheça e decida por aquela que entende ser a mais pertinente de acordo com o perfil de sua turma. Se o professor optar por aplicar as duas, não há nada que o impeça, já que são duas metodologias parecidas que convergem para um mesmo resultado.

Nesta segunda sequência didática, não se faz necessário o uso da balança, porque os estudantes calcularão o peso do volume de água deslocada em função do volume do corpo que será submerso. Nessa segunda opção de sequência didática, se for optado por realizar apenas ela, é necessário que antes de sua aplicação, seja realizado o momento de sondagem que estão relatados nos itens **2, 2.1 e 2.2**.

### 4.1 Materiais Utilizados

Para cada grupo, serão necessários os seguintes materiais:

- a) 1 dinamômetro;
- b) 1 suporte para dinamômetro;
- c) 1 recipiente ou caneca graduada em ml;
- d) 1 régua;
- e) 1 corpo metálico regular;
- f) água.

### 4.2 Construção do Experimento

Para começar essa sequência, pede-se aos estudantes para calibrarem o dinamômetro e fixá-lo no suporte. Eles devem ser orientados a colocar abaixo do dinamômetro um recipiente contendo água até uma marcação bem definida: 150 ml, por exemplo (Figura 12). A Figura 13 mostra o sistema montado. Em seguida, propõe-se que os estudantes calculem o volume do corpo que será submerso na água, de preferência em  $\text{cm}^3$ . Sugere-se um corpo cujo volume seja fácil de medir, como um cubo, por exemplo, ou uma pilha grande, cujo formato é semelhante a um cilindro

fechado. Nessa sequência, foi usado um corpo que se aproxima de um cilíndrico, conforme Figura 14, onde o raio é medido para posterior cálculo de volume.

Figura 12 – recipiente contendo água numa altura definida



Figura 13 – Sistema montado



Fontes: Registradas pelo autor.

Legenda: na Figura 12, é representado um nível inicial de água dentro do recipiente, coincidindo com uma marcação inicial. Na Figura 13, é representado outro tipo de dinamômetro, já calibrado e fixado, pronto para medir o peso do corpo que será posteriormente submerso na água.

Figura 14 – Medição do raio do cilindro



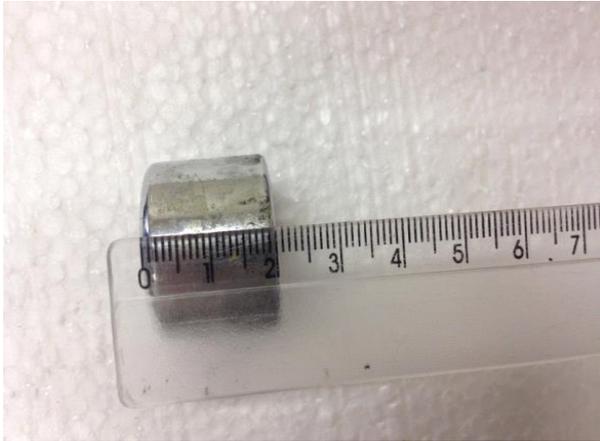
Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: a Figura 14 representa a mensura do raio do corpo que se aproxima de um cilindro para posteriormente ser calculado o volume do corpo.

Para calcular o volume do cilindro, orienta-se os estudantes a utilizar a relação  $V_{cil} = A_b \cdot h$ , em que  $A_b$  é a área da base do cilindro e  $h$  a sua altura, conforme demonstrado na Figura 15. Lembrando que a área da base é  $\pi \cdot r^2$ , em que  $r$  é o respectivo raio. Deve-se auxiliá-los no cálculo do volume dos corpos que eles têm,

lembrando que, para facilitar a sequência, é interessante que esses corpos tenham forma regular para otimizar o cálculo do respectivo volume.

Figura 15 – Medição da altura “h” do corpo



Fonte: Registrada pelo autor.

Legenda: na Figura 15, é demonstrada a mensura da altura do corpo que se aproxima de um cilindro, que será necessária para o cálculo do volume deste corpo.

Uma vez que os grupos já estão com o dinamômetro calibrado e fixado no suporte, o recipiente com água até a altura estipulada e com o volume do corpo que será submerso calculado, os estudantes devem ser orientados a pendurarem o corpo no dinamômetro (no caso de uma pilha, eles podem usar um barbante fino para engenhar uma maneira de pendurar o corpo) e medir o seu peso (Figura 16). Os estudantes devem ser estimulados a anotarem o valor registrado. Em seguida, devem ser direcionados a vagarosamente descenderem o corpo pendurado no dinamômetro até que ele entre por completo na água, ficando a parte superior do corpo ligeiramente abaixo da superfície da água, como pode ser observado na Figura 17.

Figura 16 – Peso registrado no dinamômetro

Figura 17 – Corpo submerso na água

Fontes: Registradas pelo autor.



Legenda: a Figura 16 demonstra o peso do corpo mensurado pelo dinamômetro quando o corpo está em equilíbrio e imerso no ar. A Figura 17 demonstra a entrada do corpo na água e a respectiva elevação do nível da mesma, não chegando a derramar.

Dois observações importantes devem ser consideradas pelos estudantes: uma delas é que a leitura do dinamômetro diminuiu e a outra é que o nível de água dentro do recipiente se elevou. Com relação à nova leitura registrada no dinamômetro (Figura 18), instrua-os a anotarem e fazerem a diferença entre a primeira e segunda leitura das forças e, tangenciando discussões, os estudantes devem ser direcionados a concluir que essa diferença corresponde à força de empuxo oferecida por esse fluido (água). Com relação ao volume de água que se elevou, o professor deve instigar os estudantes até eles entenderem que o quanto essa água se elevou corresponde ao volume do corpo que foi colocado dentro da água. Estabelece-se, então, que  $1 \text{ cm}^3$  equivalha a  $1 \text{ ml}$  e pede-se para eles conferirem se a elevação da água corresponde ao volume do corpo calculado anteriormente. Na Figura 19 mostra como pode ser medido o volume do fluido deslocado com o auxílio de uma régua para estabelecer relações caso a graduação do recipiente não seja muito detalhada ou precisa.

Figura 18 – Nova leitura do dinamômetro

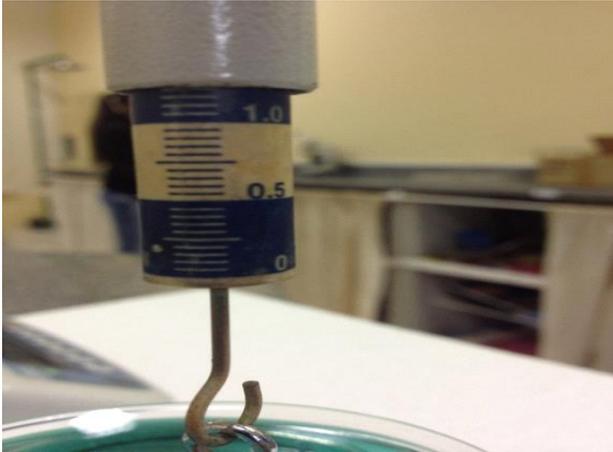
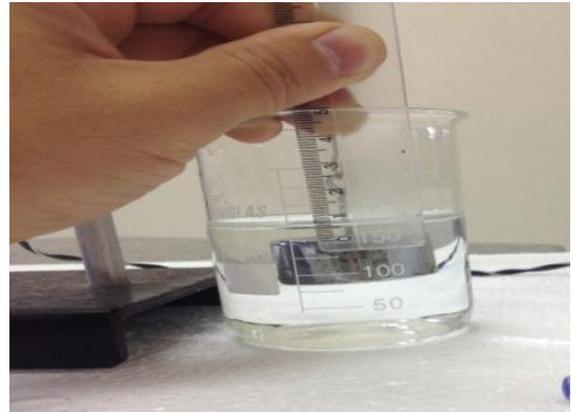


Figura 19 – Medição da elevação do nível da água



Fontes: Registradas pelo autor.

Legenda: na Figura 18, está sendo representada a nova leitura registrada pelo dinamômetro uma vez que o corpo se encontra totalmente imerso na água e em equilíbrio. Na Figura 19, a régua é utilizada para auxiliar na mensura do líquido deslocado pela entrada do corpo, onde pode ser realizada uma associação direta em que cada cm de elevação corresponde à um valor  $x$  em ml.

Sobre o que pode ser visualizados na Figura 19, como já supramencionado, talvez a graduação do recipiente não seja muito detalhada, ou seja, é possível que sua escala não permita uma leitura fácil, por isso o professor pode demonstrar uma relação usando uma régua para medir a distância entre dois níveis graduados e ver a correspondência em centímetros. Além disso, certifique-se de que, de fato, a graduação do recipiente esteja correta e que o próprio seja regular. Para tanto, pode-se, por exemplo, medir o volume de uma determinada quantidade de fluido em outro recipiente que se conheça o volume exato e posteriormente, colocá-lo dentro do primeiro e verificar se a leitura dele é correspondida corretamente. Depois que os estudantes observaram que o volume de água deslocado para cima corresponde ao volume do corpo que entrou na água, conforme calculado anteriormente, chegamos a parte principal dessa sequência: o professor deve estabelecer a equivalência de que  $1\text{ml}$  de volume corresponde a  $1\text{cm}^3$  e esse volume de água corresponde a uma massa de  $1\text{g}$ , pois se sabe que a massa específica da água é de  $1\text{g}/\text{cm}^3$ . Feito isso, os estudantes devem ser orientados a converterem o volume de líquido deslocado em massa de água e, logo em seguida, a transformarem essa massa de água para kg e, usando a equação  $P = m \cdot g$ , em que  $g = 9,81\text{ m/s}^2$ , eles devem calcular o módulo do peso dessa água que se elevou.

Quando os estudantes calcularem o peso desse volume de água que subiu, eles devem encontrar um valor igual ou próximo ao da força de empuxo registrada anteriormente pela diferença de leitura no dinamômetro.

### 4.3 Análise de Erros

Novamente, deve-se discutir as possíveis explicações quanto a não concordância exata entre a previsão teórica a respeito da força de empuxo e as medidas experimentais. Dentre alguns dos possíveis erros, podem-se destacar:

- a) **Erro na calibragem do dinamômetro:** dispositivos iguais aos usados nessa sequência para medir o peso de objetos permitem um erro que precisa ser observado, em que se podem obter diferentes leituras de calibragem dependendo do ângulo que o estudante olha para o dinamômetro (erro de paralaxe). Os estudantes devem olhar para o dispositivo na horizontal e com seus olhos no mesmo nível da parte inferior dele;
- b) **Erro de leitura do dinamômetro:** os estudantes podem cometer um erro aparentemente simples, anotando valores de forças não correspondentes, uma vez que não observem com atenção a escala do dinamômetro (graduação);
- c) **Erro na mensura da quantidade de água deslocada:** aqui os estudantes devem tomar bastante cuidado, pois a tensão superficial do líquido provavelmente não deixe a superfície do fluido 100% plana, então o estudante deve ter um padrão de referência e, além disso, ele deve cuidar para não haver erro de paralaxe;
- d) **Erro de conversão de medidas:** pode se constituir num fator de erro, desde que o estudante não faça a conversão e use os dados nas unidades certas como, por exemplo, usar a massa em gramas ao invés de quilograma para calcular o peso.

Evidentemente, outros erros que não foram aqui citados podem ter acontecido e acabaram comprometendo os resultados encontrados para a força de empuxo, por isso é importante que o professor esteja atento para, se necessário, chamar a atenção dos estudantes de forma a evitar, prever ou analisar a influência de tais erros.

### 4.4 Conclusão dos Estudantes

Este é um momento da sequência muito importante, pois é o espaço em que o estudante possivelmente estabelecerá relações interessantes entre o valor da força

de empuxo e o peso do líquido deslocado para cima em função do volume do corpo que adentrou o fluido, provavelmente concluindo que essas forças têm o mesmo valor em módulo. O professor deve ouvir seus estudantes, fazer indagações pertinentes, escutar suas conclusões ou seus questionamentos, deve fazer com que eles efetivamente participem do momento. Seria interessante que o professor tangenciasse algumas discussões ou questionamentos que fizessem os estudantes concluir ou fazerem previsões de resultados a respeito da força de empuxo se o mesmo corpo fosse mergulhado em líquidos de densidades diferentes como, por exemplo, o que aconteceria com o volume da parte submersa do casco de um navio que passa de águas atlânticas para as águas doces de um rio.

## 5 EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DA FORÇA DE EMPUXO

Uma vez realizada com êxito as duas sequências didáticas propostas neste produto educacional e tendo em consideração que todas as discussões e questionamentos dos estudantes foram construtivos, pode ser então demonstrada uma expressão matemática que, conforme os resultados encontrados pelos estudantes experimentalmente, convergem para uma expressão matemática capaz de mensurar a força de empuxo em corpos parcialmente ou totalmente imersos em fluidos. Para tanto, os estudantes foram lembrados que, independentemente da prática experimental adotada como referência, o valor da força de empuxo  $F_e$  é igual ao valor do peso do líquido deslocado  $P_{ld}$ .

$$F_e = P_{ld} \quad (1)$$

Sabendo que o módulo do peso do líquido deslocado é dado por:

$$P_{ld} = m_{ld} \cdot g \quad (2)$$

Substituindo na Eq. (2) a Eq. (1), teremos:

$$F_e = m_{ld} \cdot g \quad (3)$$

Sabe-se que o cálculo da densidade é dado por:

$$\rho = m/v \quad (4)$$

Considerando que a densidade não varie com a temperatura e com a pressão, isolando a massa na Eq. 4, teremos:

$$m = \rho \cdot v \quad (5)$$

Tomando a Eq. 5 e substituindo na Eq. 3, teremos:

$$F_e = \rho \cdot v_{ld} \cdot g \quad (6)$$

Onde:

$F_e$  =força de empuxo em valor absoluto

$\rho$  = densidade do fluido onde o corpo foi imerso

$V_{ld}$  = volume do fluido deslocado = volume do corpo

$g$  = aceleração gravitacional local em valor absoluto

Essa equação será muito útil na compreensão da fenomenologia subjacente e também na resolução de situações-problema, pois ela resumiu as consequências das

duas sequências propostas. Algo interessante, que não poderia deixar de ser citado, trata-se do fato de que foi importante o professor enfatizar aos estudantes que eles devem observar as unidades de medida para substituí-las na expressão, pois, caso elas não estivessem de acordo, seria preciso convertê-las. A partir daqui, fica a critério do professor, resolver situações-problema e exemplificar conjunturas que mostrem as forças que atuam nos corpos quando esses estão flutuando, submergindo ou emergindo num fluido, a fim de relacionar a força de empuxo com o peso do corpo.

Ainda como sugestão de desenvolvimento, o professor pode, para encerrar o Princípio de Arquimedes, falar sobre a fração submersa e a relação com a densidade do corpo que flutua e a densidade do líquido.

$$F_s = \rho_{\text{corpo}} / \rho_{\text{líquido}}.$$

Lembrando que, todo corpo cuja densidade é maior comparada à densidade do fluido, terá maior força peso do que o máximo valor de força de empuxo possível, logo afundará no líquido. É preciso ressaltar que o presente tratamento é bem inicial e conseqüentemente bem idealizado. Isso se revela, por exemplo, no fato de haver algumas exceções como o caso em que uma lâmina leve de metal com densidade maior do que a água flutua em cima da superfície desse fluido. Isto é, mesmo a densidade do metal sendo maior do que a da água, o corpo não afunda em função da tensão superficial da água, desconsiderada na presente situação.

## 6 RESULTADOS: DIAGNOSTICANDO O CONHECIMENTO CONSTRUÍDO

Após a aplicação do questionário que se constituiu de um organizador prévio e também da demonstração do experimento desencadeador de questionamentos, uma vez aplicada as duas sequências didáticas propostas neste Produto Educacional ou pelo menos uma delas, faz parte do processo do ensino-aprendizagem que se faça uma avaliação para diagnosticar o nível do conhecimento construído junto às estruturas cognitivas dos estudantes.

Neste sentido, como parte deste Produto Educacional, é proposto um segundo questionário que tem por finalidade avaliar os estudantes quanto ao conhecimento assimilado. As questões sugeridas a seguir, abordam os mesmos conceitos que o primeiro questionário, mas de uma forma que o estudante precise articular o conhecimento construído após a realização das sequências para poder solucionar os problemas propostos. Obviamente, cabe ao professor que adotar a metodologia proposta neste Produto Educacional, se apropriar destas questões ou criar outras que também abordem todas as variáveis que definem a força de empuxo, para que os estudantes consigam resolver situações problemas que requeiram das habilidades construídas durante as duas atividades experimentais propostas, que se constituíram de dois caminhos diferentes para demonstrar a equivalência entre a força de empuxo sofrido por um corpo imerso em fluido e o peso do fluido por ele deslocado. As questões sugeridas são as seguintes:

Questão 1. Dois corpos idênticos em massa e volume A e B, pendurados em dinamômetros intitulados A e B, devidamente calibrados, estão totalmente submersos em dois fluidos diferentes, A e B respectivamente. O peso registrado pelo dinamômetro B é menor do que aquele registrado pelo dinamômetro A. Neste caso, é correto afirmar que:

- e) A força de empuxo é a mesma para os dois corpos, pois eles são idênticos;
- f) A força de empuxo é maior sobre o corpo A, por isso ele registrou maior peso;
- g) A força de empuxo é maior sobre o corpo B, pois ele está imerso num fluido de maior densidade;

- h) A força de empuxo é maior sobre o corpo B, pois ele está imerso num fluido de menor densidade.

Questão 2. Imagine a seguinte situação: você está dentro de uma piscina quando um amigo te convida para fazer uma breve experiência. Ele pega duas bolas, uma de basquete e outra de vôlei, que têm a mesma massa. Ao colocar a bola de vôlei debaixo da água e soltar, você observa que ela sobe. Quando seu amigo repete o procedimento com a bola de basquete, você observa a mesma situação. Agora seu amigo pede para você tentar segurá-las debaixo da água, uma de cada vez. A respeito disso, analise as situações abaixo e marque a correta:

- e) Segurar as duas bolas totalmente imersas, uma de cada vez, ofereceu o mesmo grau de dificuldade embora as bolas tivessem volumes diferentes;
- f) Segurar a bola de basquete totalmente imersa foi mais difícil, pois ele tem maior tamanho;
- g) Segurar a bola de basquete totalmente imersa foi mais fácil, pois ele tem maior volume;
- h) Segurar a bola de vôlei totalmente imersa foi mais difícil, pois ele tem menor volume.

Questão 3. Dois corpos, A e B, de mesma massa, porém de volumes diferentes, são abandonados dentro da água, numa piscina. Ao serem soltos, observa-se que o corpo A sobe (emerge) enquanto o corpo B desce (submerge). A respeito dessa situação é correto afirmar que:

- e) Os dois corpos sofreram a mesma força de empuxo;
- f) Mesmo tendo a mesma massa, sofre maior força de empuxo o corpo B;
- g) Como não é conhecida a densidade da água, o volume de cada corpo e nem a aceleração gravitacional local, não é possível estabelecer uma relação entre as forças peso e empuxo para cada corpo;
- h) A força de empuxo determina o movimento do corpo, no caso do corpo A, ele sobe porque a força de empuxo sobre o corpo é maior que seu peso.

Questão 4. Quando um corpo está flutuando na superfície de um fluido, ele está em equilíbrio, ou seja, se considerarmos apenas o peso do corpo e a força de empuxo sobre ele, essas forças estão em condições de igualdade. Considere um navio que flutua navegando em águas oceânicas e que adentra numa lagoa (água doce). Observa-se que o navio continua flutuando, independentemente da água que ele navega. A respeito disso, analise as alternativas e marque a correta.

- e) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém observa-se que o casco do navio adentra um pouco mais na água doce, para conseguir manter a força de empuxo constante;
- f) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém não se observa nenhuma alteração na profundidade que o casco do navio ocupa em relação à água.
- g) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele saem da situação de igualdade, pois como a água doce é menos densa que a água salgada, a força de empuxo diminui, ficando esta menor que o peso do navio.
- h) Ao passar das águas oceânicas para a água doce, as forças peso do navio e de empuxo sobre ele continuam em situação de igualdade, porém, percebe-se casco do navio emergiu, ou seja, ficou um pouco menos submerso das águas doces da lagoa.

Questão 5. Dois corpos A e B de massas e volumes diferentes estão suspensos em dois dinamômetros que registram seus respectivos pesos. O dinamômetro no qual está suspenso o corpo A registra um peso maior do que aquele em que se encontra o corpo B suspenso. Ambos os corpos, ainda suspensos em seus respectivos dinamômetros são colocados dentro de um mesmo recipiente contendo óleo de cozinha, ficando totalmente submersos e não encostando em nenhuma parte do recipiente. Quando os sistemas entram em equilíbrio, os dinamômetros registram o mesmo peso. Analise as alternativas abaixo e marque a correta:

- e) Só é possível os dois dinamômetros registrarem o mesmo peso dentro do óleo se a força de empuxo for a mesma para os corpos A e B;
- f) Para que os dois dinamômetros registrem o mesmo peso dentro do óleo, o corpo B deve sofrer uma maior força de empuxo, logo tem volume maior que o corpo A;
- g) O peso registrando em ambos os dinamômetros é o mesmo quando os corpos estão imersos no óleo porque a força de empuxo sobre o corpo A é maior do que no corpo B, pois A deve ter um volume maior que B;
- h) Isso aconteceu porque os corpos, apesar de terem massas diferentes, sofrem forças de empuxo diferentes. Como o empuxo depende do volume do corpo, quanto maior o volume, menos empuxo, logo, volume do corpo B é maior que o volume do corpo A.

GABARITO:

- 1.c
- 2.b
- 3.d
- 4.a
- 5.c

Após a aplicação destas e outras questões que o professor deve se sentir no direito de elaborar, é possível, através de uma análise quantitativa, diagnosticar se o conhecimento que gira em torno da força de empuxo e da equação que permite o cálculo dela, foi construído de forma satisfatória junto aos estudantes. Estipular uma média de acerto para ser considerado satisfatório é algo que deve ser definido pelo professor. Na aplicação deste Produto Educacional, o autor obteve média de acerto superior a 80%, o que foi considerado bom.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As duas sequências didáticas, acima apresentadas, foram pensadas e propostas a partir da prática de ensino do autor que, ao longo de nove anos de ensino em sala de aula, pôde observar a maneira como os seus estudantes, de um modo geral, conseguem desenvolver os conceitos de forma mais significativa e duradoura.

A partir das observações feitas ao longo de anos lecionando, associado a estudos particulares e à própria prática de sala de aula, o autor através dessa vivência em sala de aula desenvolveu estratégias para o ensino dos conceitos de Física. Uma dessas estratégias é a demonstração para os estudantes de onde as fórmulas se originam.

Neste sentido, a criação deste Produto Educacional foi meticulosamente pensada para que a construção da equação que permite o cálculo da força de empuxo sobre corpos imersos em fluidos ocorresse de forma significativa. Para tanto, foi utilizado como alicerce para essa construção, os próprios conhecimentos prévios dos estudantes, que foram previamente organizados e potencializados com um questionário e um experimento desencadeador de questionamentos que foram aplicados antes das sequências didáticas propostas.

A partir da demonstração experimental sobre a equivalência entre a força de empuxo que atua num corpo imerso em fluido e o peso do fluido por ele deslocado, foi possível construir de forma bastante clara, junto aos estudantes, a equação que permite o cálculo da força de empuxo e demonstrar as variáveis envolvidas, o que se caracterizou uma aula dinâmica e não meramente expositiva onde o professor geralmente entrega a equação pronta.

Neste sentido, foi aqui proposta uma metodologia diferenciada para o ensino do Princípio de Arquimedes, onde o estudante se tornou parte do processo de ensino-aprendizagem, não sendo apenas um mero espectador e sim um agente participativo, que precisa pensar para resolver alguma situação problema que lhe seja apresentada.

Espera-se que este material possa efetivamente ajudar os professores que, em cada sala de aula que entram imbuídos de boa vontade, contornam as dificuldades e transpõem os obstáculos, porque acreditam no poder transformador da educação.

## REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, José. P. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese apresentada ao programa de pós-graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

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

AZEVEDO, Maria Cristina P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson, 2003.

BIZZO, Nelio. **Ciências**: fácil ou difícil? São Paulo: Ática, 1998.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacional**: terceiro e quartos ciclos: ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CACHAPUZ, Antônio et al. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991

MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. **Ensino**: as abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, mar. 2000.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Porto Alegre: UFRGS/Instituto de Física, 2013.

MOREIRA, Marco Antonio; SOUSA, Célia M. S. G.; SILVEIRA, Fernando L. Organizadores prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. **Caderno de Pesquisa**, n.40, p.41-53, 1982.

NÓVOA, Antônio (Coord.). **Os professores e a sua formação**. 2 ed. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

REIS, Josiane Silva dos. Ferramentas tecnológicas como organizadores prévios no ensino da matemática. **Revista Educação Online**, n. 20, p. 137-145, set./dez. 2015.

REZENDE, Flávia; OSTERMANN, Fernanda. A prática do professor e a pesquisa em ensino de Física: novos elementos para repensar a relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.22, n.3, p.316-334, dez. 2005.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. **Anais ...** Jaboticatubas, MG, 2004.

SANTOS, J. C. F. **Aprendizagem significativa**: modalidades de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SCHÖN, Donald A. **Formar professores como profissionais reflexivos**: os professores a sua formação. 3. ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997. Texto extraído de Antonio Nóvoa.

## APÊNDICE A – EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES

Aos colegas professores, segue uma lista com alguns exercícios que abordam conceitos relacionados à força de empuxo sobre corpos imersos em fluidos como também sobre fração submersa de corpos parcialmente submersos. Esses exercícios contemplam raciocínio e cálculo sobre a força de empuxo, em que é interessante praticar o uso da equação com seus estudantes para que, em situações futuras, eles saibam aplicar a expressão e também lidar com as anuências que possam surgir.

1. Uma pedra de 10 kg, amarrada por uma corda para servir como âncora de um barco, está imersa a 1 m de profundidade. Uma pessoa que segura a corda exerce sobre ela certa força  $F$ . Supondo que a pedra desça para 3 m de profundidade, pode-se afirmar, segundo o princípio de Arquimedes, que:

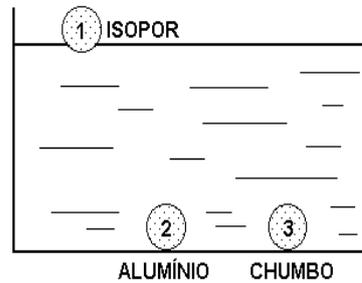
- a) a força exercida pela pessoa será igual a  $3F$ .
- b) a força exercida pela pessoa será igual a  $F$ .
- c) a força exercida pela pessoa será igual a  $F/3$ .
- d) a força exercida pela pessoa será igual a  $10F/3$ .
- e) a força exercida pela pessoa será igual a  $30F$ .

2. Duas esferas de ferro de mesmo volume, uma maciça e outra oca, estão mergulhadas completamente num líquido. Baseado em conhecimentos sobre hidrostática, com relação à situação descrita acima, é correto afirmar que:

- a) os empuxos sofridos pelas esferas serão diferentes, porém as pressões a que estarão submetidas serão iguais.
- b) tanto os empuxos como as pressões a que ficarão submetidas serão iguais, mesmo para profundidades diferentes, já que possuem o mesmo volume.
- c) as duas esferas sofrerão o mesmo empuxo e estará submetida a uma maior pressão aquela que estiver a uma profundidade maior.
- d) sofrerá o maior empuxo a esfera oca e as pressões a que estarão submetidas serão iguais, visto que ambas são de ferro.
- e) sofrerá o maior empuxo a esfera maciça e as pressões a que estarão submetidas dependerão das massas específicas das esferas.

3. Três esferas maciças e de mesmo tamanho, de isopor (1), alumínio (2) e chumbo (3), são depositadas num recipiente com água. A esfera 1 flutua, porque a massa

específica do isopor é menor que a da água, mas as outras duas vão ao fundo (veja figura a seguir) porque, embora a massa específica do alumínio seja menor que a do chumbo, ambas são maiores que a massa específica da água.



Se as intensidades dos empuxos exercidos pela água nas esferas forem, respectivamente,  $E_1$ ,  $E_2$ , e  $E_3$ , tem-se:

- a)  $E_1 = E_2 = E_3$ .
- b)  $E_1 < E_2 < E_3$ .
- c)  $E_1 > E_2 > E_3$ .
- d)  $E_1 < E_2 = E_3$ .
- e)  $E_1 = E_2 < E_3$

4. Uma esfera de alumínio está flutuando na superfície da água contida em um recipiente, com metade do seu volume submerso. Assinale a opção correta:

- a) a densidade do alumínio é igual à metade da densidade da água.
- b) a esfera é oca e a densidade da esfera é igual à metade da densidade da água.
- c) a esfera é maciça e a densidade da esfera é igual à metade da densidade da água.
- d) a esfera é maciça e a densidade da esfera é o dobro da densidade da água.
- e) a situação proposta é impossível porque o alumínio é mais denso que a água.

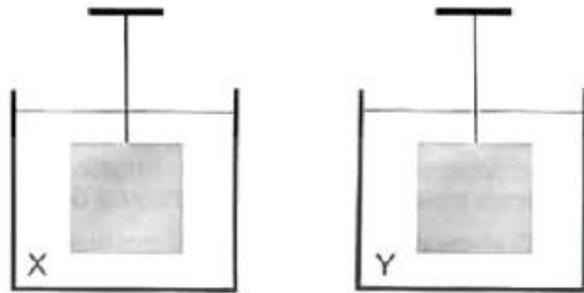
5. Sabendo que as densidades da água e do álcool são, respectivamente,  $1,0 \text{ g/cm}^3$  e  $0,79 \text{ g/cm}^3$  pode-se afirmar corretamente que o peso aparente de um mesmo corpo que foi totalmente submerso primeiro em água e depois em álcool:

- a) é maior na água do que no álcool.
- b) é igual na água e no álcool.
- c) é menor na água do que no álcool.

- d) depende da densidade do corpo.
- e) depende da forma do corpo.

6. (UFRGS) A figura abaixo representa duas situações em que um mesmo cubo metálico, suspenso por um fio, é imerso em dois líquidos, X e Y, cujas respectivas densidades,  $d_X$  e  $d_Y$ , são tais que  $d_X > d_Y$ . Designando-se por  $E_X$  e  $E_Y$  as forças de empuxo exercidas sobre o cubo e por  $T_X$  e  $T_Y$  as tensões no fio, nas situações dos líquidos X e Y respectivamente, é correto afirmar que:

- a)  $E_X < E_Y$  e  $T_X > T_Y$ .
- b)  $E_X = E_Y$  e  $T_X < T_Y$ .
- c)  $E_X = E_Y$  e  $T_X = T_Y$ .
- d)  $E_X > E_Y$  e  $T_X > T_Y$ .
- e)  $E_X > E_Y$  e  $T_X < T_Y$ .



7. Dois recipientes com líquidos diferentes estão sobre os pratos de uma balança comum. Estão também sobre os pratos da balança duas esferas maciças diferentes, uma em cada prato e fora dos recipientes. Nesta situação a balança está em equilíbrio. Sabe-se, de experiência anterior, que se as esferas forem colocadas dentro dos respectivos recipientes uma delas afundará e a outra flutuará. De acordo com as informações, se alguém colocar as esferas dentro dos respectivos recipientes com líquidos, a balança:

- a) penderá para o lado da esfera que afunda.
- b) penderá para o lado da esfera de maior massa.
- c) penderá para o lado do líquido mais denso.
- d) penderá para o lado da bola de maior volume.
- e) permanecerá em equilíbrio.

8. Um corpo de massa específica  $\mu$  desconhecida é colocado em um recipiente contendo um líquido com massa específica  $10 \text{ g/cm}^3$ . Verificando que  $\frac{1}{4}$  do corpo fica submerso no líquido, podemos afirmar que a densidade volumétrica  $\mu$  vale em,  $\text{g/cm}^3$ :

- a) 2,5
- b) 4
- c) 10

- d) 40
- e) 50

9. Icebergs são blocos de gelo flutuantes que se desprendem das geleiras polares. Se apenas 10% do volume de um iceberg fica acima da superfície do mar e se a massa específica da água do mar vale  $1,03\text{g/cm}^3$ , podemos afirmar que a massa específica do gelo do iceberg, em  $\text{g/cm}^3$ , vale, aproximadamente:

- a) 0,10
- b) 0,90
- c) 0,93
- d) 0,97

10. Considere uma casa flutuante sobre as águas do Rio Amazonas. O que permite à casa flutuar é o fato de ela estar sobre 250 garrafas pet preenchidas apenas com ar. O conjunto casa mais 250 garrafas sofre um empuxo de 3000 N. Assumindo que a massa de cada garrafa seja de 90 gramas, qual o peso da casa? (ignore o peso do ar dentro de cada garrafa e considere a aceleração da gravidade como  $g=10\text{ m/s}^2$ )

- a) 2700 N
- b) 2725 N
- c) 2775 N
- d) 2750 N
- e) 2800 N

11. Um navio de 100 toneladas, após receber certa quantidade de sacos de café, de 60 kg cada, passou a ter um volume submerso  $V = 160\text{ m}^3$ . Quantas sacas de café entraram no navio se a densidade da água é  $1,0\text{ g/cm}^3$ ?

- a) 100
- b) 1000
- c) 600
- d) 60
- e) 6000

12. Um bloco de plástico que pesa 96,0 N, mergulhado na água, fica com o peso reduzido a 16,0 N. Mergulhado no óleo de soja, fica com o peso aparente de 32,0 N.

A densidade do óleo de soja, segundo essa experiência, é de:

- a) 2,0
- b) 0,50
- c) 0,33
- d) 1,20
- e) 0,80

### **GABARITO**

- 1. B**
- 2. C**
- 3. D**
- 4. B**
- 5. C**
- 6. E**
- 7. E**
- 8. A**
- 9. C**
- 10. C**
- 11. B**
- 12. E**

## APÊNDICE B – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA I

Professor, os passos procedimentais que estão organizados logo a seguir foram pensados de forma ajudar os colegas na aplicação da sequência didática proposta, pois esses passos resumem a aplicação dela. Não é aconselhável que esse passo a passo seja entregue aos grupos de estudantes, pois, isso pode conferir um mero caráter de reprodução mecânica, o que não é objetivo deste trabalho, pois andaria na contramão da aprendizagem significativa.

1º Passo: peça para os estudantes fazerem a conferência se sobre a mesa há os seguintes materiais:

- i) 1 dinamômetro;
- j) 1 suporte para dinamômetro;
- k) 2 recipientes ou canecas;
- l) 1 balança de precisão ou de contrapeso;
- m) Tomada 127V ou 220V ou pilhas (de acordo com a balança);
- n) 1 pires ou recipiente similar;
- o) 1 corpo metálico regular;
- p) água.

2º Passo: peça para os estudantes pendurarem o dinamômetro no suporte e fazerem a calibragem, observando sua escala de leitura em Newtons.

3º Passo: oriente-os a ligar a balança e fazerem a calibragem dela, zerando sua leitura. Depois, devem colocar o pires em cima dela e fazer a tara, para descontar a massa do pires.

4º Passo: agora, os estudantes devem pendurar o corpo cilíndrico no dinamômetro e observar a leitura do peso dele, eles devem anotar em seu caderno quantos Newtons foram encontrados.

5º Passo: neste passo, eles devem colocar o recipiente sobre o pires abaixo do dinamômetro e, usando outro recipiente auxiliar, encher o primeiro com água até a eminência de começar a virar.

6º Passo: agora, os estudantes devem vagarosamente baixar o suporte até que o corpo fique totalmente submerso na água, tomando cuidado para não molhar o dinamômetro. Devem observar que a leitura do dinamômetro diminuiu e anotar o novo valor registrado no caderno

7º Passo: oriente os estudantes a discutirem entre si o que pode ter havido para que a força registrada no dinamômetro tenha diminuído. Eles devem anotar em seus cadernos quanto foi essa diferença de força registrada.

8º Passo: agora, os estudantes devem ser instruídos para que, com muito cuidado, erguendo o suporte do dinamômetro, retirem o corpo de dentro da água e logo após, retirem o recipiente com cuidado para não virar mais água dentro do pires e com cuidado, colocá-lo em cima da balança para medir a massa de água que tem dentro do pires, anotando o valor encontrado para essa massa.

9º Passo: neste passo, oriente-os a calcular o peso da água que foi derramada dentro do pires. Adote  $g=9,81\text{m/s}^2$ . Peça para eles anotarem esse peso no caderno.

10º Passo: agora, peça para os estudantes estabelecerem uma relação entre o valor encontrado do peso de água derramado e a diferença de leitura do dinamômetro antes e após o corpo ser mergulhado. Questione-os sobre que conclusões chegaram.

11º Passo: o grupo deveria ter encontrado para o 10º passo valores iguais entre o peso da água derramada e a diferença de leitura do dinamômetro, mas muito provavelmente isso não tenha acontecido, pois podem ter ocorrido erros que comprometeram os resultados. Questione os estudantes sobre os possíveis erros podem ter surgido no decorrer do experimento.

## APÊNDICE C – PASSOS PROCEDIMENTAIS PARA A SEQUÊNCIA II

Professor, os passos procedimentais que estão organizados logo a seguir foram pensados de forma ajudar os colegas na aplicação da sequência didática proposta, pois esses passos resumem a aplicação dela. Não é aconselhável que esse passo a passo seja entregue aos grupos de estudantes, pois, isso pode conferir um mero caráter de reprodução mecânica, o que não é objetivo deste trabalho, pois andaria na contramão da aprendizagem significativa.

1º Passo: peça para os estudantes fazerem a conferência se sobre a mesa há os seguintes materiais:

- g) 1 dinamômetro;
- h) 1 suporte para dinamômetro;
- i) 2 recipientes graduados ou canecas;
- j) 1 pires ou recipiente similar;
- k) 1 corpo metálico regular;
- l) água.

2º Passo: peça para os estudantes pendurarem o dinamômetro no suporte e fazerem a calibragem, observando sua escala de leitura em Newtons.

3º Passo: agora, os estudantes devem pendurar o corpo cilíndrico no dinamômetro e observar a leitura do peso dele, eles devem anotar em seu caderno quantos Newtons foram encontrados.

4º Oriente os estudantes a colocarem o recipiente graduado abaixo do suporte e, usando outro recipiente, encher o primeiro até uma altura bem definida, mas que, haja espaço o suficiente para que, quando o corpo for submerso, não extravase água para fora do recipiente;

5º Passo: vagarosamente, os estudantes devem baixar o suporte com o conjunto dinamômetro/corpo até que o corpo fique totalmente submerso na água, tomando

cuidado para não molhar o dinamômetro. Peça para observarem que, conforme o corpo vai entrando, o volume da água ocupado pela água vai aumentando. Quando o corpo estiver totalmente submerso, eles devem anotar qual o novo volume de água graduado no recipiente e de quanto aumentou esse volume, se possível, instigue seus alunos a estabelecer uma relação entre o volume do corpo e o volume de água deslocado. Caso a graduação do recipiente não forneça uma leitura adequada, use a régua para estabelecer uma relação, como por exemplo, 150 ml correspondem a uma altura de coluna de água de 12 cm, então, 14 cm equivale a um volume de: (isso se o Becker for regular).

6º Passo: Agora, eles devem ser orientados a observarem a nova leitura do dinamômetro e anotar seu valor no caderno. Devem anotar também a diferença de força registrada no dinamômetro antes e após o corpo ser submerso. Feito isso, peça para os estudantes discutirem com seus colegas o que pode ter havido para que a força registrada no dinamômetro tenha diminuído.

7º Passo: este passo os estudantes devem ser orientados a realizar com bastante cuidado, para tentar minimizar os possíveis erros. Eles devem calcular o peso do volume da água que foi deslocada depois que o corpo entrou no líquido. Lembre seus alunos que,  $1\text{ ml} = 1\text{ cm}^3$  e densidade da água como sendo  $1\text{ g/cm}^3$ . Peça para adotarem  $g = 9,81\text{ m/s}^2$ . Os estudantes devem anotar o valor encontrado em seus cadernos.

8º Passo: agora, oriente-os a estabelecer uma relação entre o valor encontrado do peso de água deslocado e a diferença de leitura do dinamômetro antes e após o corpo ser submerso e que conclusões foi possível chegar.

9º Passo: cada grupo deveria ter encontrado para o 8º passo valores iguais entre o peso da água deslocada e a diferença de leitura do dinamômetro, mas muito provavelmente isso não tenha acontecido, pois erros que comprometeram os resultados podem ter ocorrido. Peça para os estudantes refletirem sobre os possíveis erros que podem ter comprometido os resultados.