

COLÉGIO PEDRO II

Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura
Especialização em Ensino de Física na Educação Básica

Joaquim Augusto Nogueira Neto

DESENVOLVENDO UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Rio de Janeiro

2020



Joaquim Augusto Nogueira Neto

**DESENVOLVENDO UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO
PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES**

Monografia de Especialização
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação do Colégio Pedro II (CPII)
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Especialista em
Ensino de Física.

Orientador Professor Dr. Robson Costa
de Castro.

Rio de Janeiro

2020

COLÉGIO PEDRO II
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA
BIBLIOTECA PROFESSORA SILVIA BECHER
CATALOGAÇÃO NA FONTE

N778 Nogueira Neto, Joaquim Augusto

Desenvolvendo uma sequência didática para o ensino do princípio de Arquimedes / Joaquim Augusto Nogueira Neto. – Rio de Janeiro, 2020.

53 f.

Monografia (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II. Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura.

Orientador: Robson Costa de Castro..

1. Física – Estudo e ensino. 2. Pressão hidrostática. 3. Princípio de Arquimedes. 4. Teoria da aprendizagem significativa. I. Castro, Robson Costa de. II. Colégio Pedro II. III. Título.

CDD 530

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Simone Alves da Silva – CRB7 5026.

Joaquim Augusto Nogueira Neto

**DESENVOLVENDO UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINODO
PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES**

Monografia de Especialização apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Colégio Pedro II (CPII) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Ensino de Física.

Aprovado em: 16/06/2020.

Prof. Dr. Robson Costa de Castro (Orientador)

Colégio Pedro II/Departamento de Física/PROPGPEC

Prof. MSc. Alfredo Sotto Fernandes Junior

Colégio Pedro II/Departamento de Física

Profa. Dra. Mariana Faria Brito Francisquini

IFRJ/Niterói

Prof. MSc Ricardo Fagundes Freitas da Cunha

Colégio Pedro II/Departamento de Física

Prof. MSc Julien Lopes Pereira

UERJ/Departamento de Física

Rio de Janeiro

2020

*Dedico este trabalho a todos aqueles que, como eu,
buscam maneiras cada vez mais interessantes para ensinar
física.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os amigos de turma desta pós-graduação, cuja participação e colaboração fizeram-se firmemente presentes neste projeto, bem como a todo corpo docente, sem exceção, pelo incrível trabalho, carinho, dedicação e profissionalismo com que trataram essa pós-graduação e esta instituição.

Agradeço aos amigos do trabalho, Alfredo, Caio, Felipe, Julien, Ricardo e Robson por estarem sempre dispostos a cederem parte de seus tempos para dar dicas ou contribuições para o desenvolvimento desta monografia.

Agradeço ao meu orientador Robson Costa pela dedicação e cortesia, traços marcantes de sua personalidade e pela competência e busca pela excelência, traço de seu espírito.

Agradeço aos meus familiares mais próximos e aos meus filhos, que tornam a caminhada neste mundo agradável.

Por fim, o maior de todos os agradecimentos; obrigado, Ju, minha esposa.

*“Conhecemos o amor
nisto: que Ele deu a sua vida
por nós, e nós devemos dar
a vida pelos irmãos.”
(Bíblia Sagrada, 1 João
3:16)*

RESUMO

NOGUEIRA, Joaquim Augusto Neto. **Desenvolvendo uma sequência didática para o ensino do princípio de Arquimedes**. 2020. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2020.

Atualmente, o processo de ensino e aprendizagem em Física vem se adaptando às transformações ocorridas na sociedade. Nessa mudança, a prática pedagógica que antes era mecanizada passa a ser mais construtiva/interativa buscando a contextualização dos fenômenos físicos com o cotidiano do aluno. Assim, nessa nova perspectiva, o objetivo deste trabalho foi a elaboração de uma Sequência Didática (SD) para o ensino de hidrostática, focando no Princípio de Arquimedes, a ser aplicada para alunos do Ensino Médio (EM). A SD foi desenvolvida para ser aplicada em três encontros que serão norteados, inicialmente, por um questionário de conhecimento prévio, uma aula conceitual contextualizada com os fenômenos observados no cotidiano dos discentes, uma aula experimental utilizando materiais de baixo custo e será finalizada com uma avaliação. A partir das pesquisas realizadas na literatura, foi possível observar a relevância da utilização da SD como ferramenta pedagógica para a prática educacional. Dessa forma, espera-se que este estudo possa servir de elemento motivador para os docentes contribuindo para o enriquecimento dos conteúdos de Física a serem ensinados.

Palavras-chave: Teoria da Aprendizagem Significativa. Sequência Didática. Princípio de Arquimedes.

ABSTRACT

NOGUEIRA, Joaquim Augusto Neto. **Desenvolvendo uma sequência didática para o ensino do princípio de Arquimedes**. 2020. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2020.

Currently, the process of learning and teaching Physics has been adapted to the transformations occurring in society. Into this change the pedagogical practice, before mechanical, now becomes more constructive/interactive, questing for contextualization into the daily routine of the student. In this new perspective, therefore, the aim of this work was the development of a Didactic Sequence (DS) for the teaching of hydrostatics, focusing on the Archimedes Principle to be applied to the High School (HS) students. The DS was developed to be applied in three meetings initially guided by a previous knowledge questionnaire, a conceptual class in context with the phenomena observed into the daily routine of the students, a trial class using low cost material and will be concluded with an examination. From the bibliographic research, it was possible to notice the DS as an important pedagogical tool for the educational practice. Thus, it is expected that this study will contribute both to encourage teachers and to enrich the content teaching of Physics.

Keywords: Theory of Meaningful Learning. Didactic Sequence. Archimedes Principle.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Recipiente contendo líquido.....	23
Figura 2 – Coluna líquida de área S e altura H.....	23
Figura 3– Recipientes com diferentes áreas da base	24
Figura 4– Corpo de peso “P” imerso em líquido.....	25
Figura 5– Paradoxo Hidrostático.....	27
Figura 6– Lata mergulhada num recipiente menor completamente cheio.....	28
Figura 7– Deslocamento de Volume Aparente.....	29
Figura 8– Em (A), temos um recipiente apoiado sobre plataforma em repouso e, em (B), a plataforma é colocada para girar	30
Figura 9– Simulador Phet.....	32
Figura 10– Materiais Experimentais	33
Figura 11– Marcações no casco de um navio de transporte de cargas	40
Figura 12– Mapa de salinidade.....	41
Figura 13– Quais objetos flutuam em água?	42
Figura 14– Anthony Nesty	43
Figura 15– Questão UERJ 2005	44
Figura 16– Desastre do Hindenburg.....	44
Figura 17– Processo de enchimento de um balão de ar quente.....	45
Figura 18– Corte transversal de um submarino.....	45
Figura 19– (a) Homem flutuando em tronco de árvore (b) Canoa Primitiva	46
Figura 20– Barco flutuando em equilíbrio estático	47
Figura 21– Materiais Experimentais	48
Figura 22– Óleo Trifásico.....	51
Figura 23– Embarcação com as marcações de calado.....	51
Figura 24– Pessoas escavando a parte interna do tronco de uma árvore.....	52
Figura 25– Jangada primitiva	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Sequência didática	16
2.2	Aprendizagem Significativa	18
2.3	Princípio de Arquimedes	21
3	METODOLOGIA.....	31
4	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS	37
	APÊNDICE A – Questionário investigativo.....	40
	APÊNDICE B – AULA 2 – LEITURAE DISCUSÃO DO TEXTODIDÁTICO.....	46
	APÊNDICE C – AULA 3 –EXPERIÊNCIAS	48
C.1	Experiência 1 - Determinação do Empuxo	48
C.2	Experiência 2 - Determinação do Empuxo	50
	APÊNDICE D – AULA 4 –Avaliação.....	51

1 INTRODUÇÃO

O ensino de ciências no contexto atual é de fundamental importância para o desenvolvimento da sociedade na qual os indivíduos estão inseridos. É através das ciências que os seres humanos desenvolvem novas tecnologias que permitem o controle e a manipulação da natureza no sentido de ampliar a capacidade de produção e de suprir as necessidades humanas.

Incontáveis são as descobertas e invenções que contribuíram e contribuem até os dias atuais para a ampliação da capacidade de manutenção da vida humana no planeta, assim como aquelas que contribuem em sentido completamente antagônico a esse. Dentre as primeiras podemos citar o controle do fogo, a criação da roda e de outras ferramentas “simples” como alavancas, espelhos e objetos cortantes, a invenção da agricultura, a capacidade de navegar, de voar, de ir ao espaço, a medicina, a física moderna, etc. Acompanhando esse desenvolvimento, temos também a invenção das armas à pólvora e sua utilização contra a vida humana, as armas químicas, a bomba atômica, a poluição, a exploração do homem pelo homem e outras tecnologias amplamente usadas para a destruição e dominação de um grupo sobre o outro, revelando suas amplas contradições.

Nesse sentido, compreendemos que o desenvolvimento da ciência, que passa, obrigatoriamente, pelo desenvolvimento do conhecimento científico por uma parcela cada vez maior da população é muito importante para o avanço da sociedade em direção a um processo que possa, verdadeiramente, trazer ao homem a sonhada emancipação (CORRÊA, 2007) e a liberdade de todo tipo de opressão.

É claro que não podemos deixar de levar em consideração as condições materiais na qual a sociedade está colocada e sua influência fundamental e de primeiro plano na manutenção das contradições criadas pelo sistema capitalista, que impedem que as potencialidades individuais e, conseqüentemente, as coletivas sejam desenvolvidas em sua plenitude. Coloca-se, então, a necessidade da construção de uma forma de ensinar ciências que seja capaz de atrair os olhares dos jovens que farão parte das próximas gerações e que, ao mesmo tempo, dê conta de driblar as dificuldades concretas nas quais o nosso sistema de educação está mergulhado desde sempre.

Apesar desta iniciativa, não podemos deixar de compreender que isso é parte da intensa luta que se estabelece entre as classes sociais e em seu seio. A busca pelo conhecimento e compreensão dos processos de ensino e aprendizagem, no sentido de levar aos filhos da classe trabalhadora os mesmos privilégios dos quais usufruem os membros das

classes dominantes deve ser o norteador, uma vez que influenciam diretamente na relação entre os homens e os meios de produção (DUARTE, 2011).

É provável que o verdadeiro papel da educação seja tornar vulgar aquilo que hoje é monopólio de um grupo pequeno e específico da sociedade promovendo, na consciência dos indivíduos, um pensamento mais humano e solidário que desague numa fundamental tomada de consciência que aponte, diretamente, para a necessidade da construção de uma sociedade mais igualitária. Não é sem propósito que Paulo Freire, em seu famoso livro *Pedagogia da Autonomia*, diz “Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.” (FREIRE, 1996, p. 21).

Essa afirmação terá seu sentido mais amplo num ambiente onde a defesa da popularização dos conhecimentos humanos para todo o conjunto da classe trabalhadora esteja, diretamente, associada às relações entre o conhecimento e a capacidade desse conhecimento de intervir na sociedade melhorando as condições de vida das camadas menos favorecidas.

Além das dificuldades já apresentadas, no âmbito macro da educação, o ensino das ciências exatas ainda enfrenta algumas dificuldades específicas à área, sendo consideradas disciplinas de difícil compreensão, apresentando elevados índices de reprovação. As disciplinas de Matemática, Física e Química são as responsáveis pelas piores notas e pelos altos índices de evasão das escolas de ensino médio, no contexto do estado do Amazonas. Embora o autor faça um estudo detalhado sobre o panorama da educação básica no estado do Amazonas, em seu trabalho, também cita dados preocupantes sobre a média da evasão escolar em todo o território nacional (SILVA, 2014).

Em profunda contradição com o conteúdo da lei de Diretrizes e Bases da Educação no 9.394¹, que visa à popularização e à universalização da educação básica, os relatórios da Pnud (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) apontam o Brasil como o país que possui a terceira maior taxa de abandono escolar entre os 100 países com maior IDH (Índice de Desenvolvimento Humano)².

Alguns dos principais motivos associados a essa dificuldade, que aponta entre os maiores problemas a serem superados a baixa qualificação dos professores da área, a falta de estrutura das escolas, o pouco tempo disponível dos docentes para se dedicarem à elaboração

¹ Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 9.394, de 1996, capítulo II, seção 1, artigo 22: a educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores. https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/544283/lei_de_diretrizes_e_bases_2ed.pdf - Acessado em 16/11/2019

² <https://educacao.uol.com.br/noticias/2013/03/14/brasil-tem-3-maior-taxa-de-evasio-escolar-entre-100-paises-diz-pnud.htm> - Acessado 16/11/2019

de novas técnicas e práticas e a falta de laboratórios (KRAWCZYK, 2009). Corroborando com esta perspectiva, temos também a pouca qualificação dos professores das séries iniciais do ensino fundamental como um limitador no ensino de física e de ciências em geral, relatando erros conceituais cometidos por parte dos professores e mesmo incapacidade dos mesmos em descrever alguns fenômenos físicos de baixa complexidade (ROSA; PEREZ; DRUM, 2016).

Os autores observaram que existe uma lacuna entre o ensino de ciências e o conhecimento científico na medida em que os conhecimentos de física ensinados em sala de aula, muitas vezes, são bem distantes das experiências cotidianas dos estudantes. Com isso, tais lições não passariam de um amontoado de informações a serem memorizadas para uso em algum tipo de avaliação e não serviriam de ponte para a construção de um ambiente onde seja incentivada a discussão sobre ciências.

Alguns dos problemas que levam à compreensão das dificuldades do ensino de ciências e, mais especificamente, do ensino de física, estão relacionados com a formação inicial e continuada dos professores, com suas condições de trabalho, com as condições políticas e econômicas entre outras (PENA; RIBEIRO, 2008). Tais dificuldades necessitam de políticas públicas mais amplas, em esferas que estão muito além da sala de aula e do ambiente escolar. Já outras podem encontrar um caminho que leve à solução em métodos de ensino que estão estritamente vinculados à relação professor/aluno e aluno/aluno.

As sequências didáticas vêm se mostrando uma excelente estratégia pedagógica para o ensino de diversas disciplinas, mas fundamentalmente para as que envolvem conhecimentos científicos que precisam ser compreendidos do ponto de vista experimental, podendo ser utilizadas em qualquer nível de escolaridade. No artigo de Taxini et al., “Proposta de uma sequência didática para o ensino do tema ‘estações do ano’ no ensino fundamental”, foi utilizada uma sequência didática que descreveu uma evolução significativa da compreensão por parte dos alunos a respeito dos movimentos dos planetas em torno do Sol, dos conceitos de rotação e translação, do período dos dias e das noites em diferentes estações do ano entre outros conceitos relacionados ao tema (TAXINI et al., 2012).

A utilização de sequência didática também apontou resultado positivo na dissertação de Mantovani, Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico, destinado a alunos do ensino médio. Sua aplicação foi importante no sentido em que pode observar um “aprendizado significativo”, conceito criado por David Ausubel (1998), e contextualizado com a realidade social dos alunos. A utilização da sequência didática fez com que as respostas dos alunos sobre o tema dessem um grande salto

de qualidade, revelando a aquisição de uma compreensão bastante ampla sobre o fenômeno após a aplicação da ferramenta (MANTOVANI, 2015).

Nesse sentido, as sequências didáticas podem ser utilizadas como uma ferramenta poderosa para a construção de novos significados e para o estreitamento dos laços entre conteúdo e aprendizado. Em física, temos visto sua utilização em diversos trabalhos que apontam uma melhora significativa dos resultados dos alunos, não apenas em relação ao aprendizado do conteúdo que se quer ensinar, mas também com respeito ao desenvolvimento das relações interpessoais entre os alunos, favorecendo valores importantes como o trabalho em conjunto, a solidariedade, o espírito de grupo e o aperfeiçoamento da capacidade de tomada de decisão.

Durante a elaboração de uma sequência didática, podemos utilizar diversas atividades como leituras em grupo, apresentação de vídeos, aplicação de questionários, experimentos didáticos entre outras ferramentas. Essas ferramentas foram utilizadas por Alice Scherer da Costa, em sua dissertação Desenvolvimento de uma proposta para o ensino de hidrostática voltada para a aprendizagem significativa. A autora conseguiu discutir conceitos físicos relacionando à teoria abordada para o ensino de hidrostática e o cotidiano dos alunos que vivem em uma zona rural. Experimentos de baixo custo foram utilizados para produzir um aprendizado significativo levando em consideração tanto os conhecimentos prévios dos alunos quanto suas realidades sociais, culturais e regionais (COSTA, 2007).

Pensando em ampliar os recursos pedagógicos utilizados por professores de física no ensino básico, além de despertar o interesse dos alunos para os conhecimentos científicos, o objetivo deste trabalho foi a elaboração de uma Sequência Didática para o ensino de hidrostática, focando no Princípio de Arquimedes. Este princípio é importante para dar sentido a grandezas físicas presentes em nosso cotidiano como pressão, densidade, empuxo e explicar o princípio de funcionamento de algumas das mais importantes invenções humanas (navios, submarinos, balões etc.) contribuindo para o desenvolvimento científico da humanidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sequência didática

A aprendizagem é uma experiência pessoal na qual o indivíduo depende das interações com os outros resultando num processo de construção de significados. A elaboração de uma sequência didática deve estar voltada para o desenvolvimento das potencialidades dessa construção de significados, bem como para o favorecimento da percepção, por parte dos professores, das diversidades apresentadas pelos estudantes no processo de aprendizagem. Mais que favorecer o aprendizado de determinado conteúdo, o processo de aprendizagem proposto através de uma sequência didática, visa a fortalecer a percepção do aluno a respeito de suas capacidades de “aprender a aprender” (DUARTE, 2001), influenciando diretamente o olhar que possui do mundo que o cerca e, principalmente, o olhar que lança sobre si mesmo, afetando e desenvolvendo sua própria autoestima.

A construção de uma sequência didática para o ensino de hidrostática, mais especificamente o princípio de Arquimedes, teve como referencial teórico a obra *A Prática Educativa - Como ensinar*, de Antoni Zabala (1998). Segundo o autor, o ensino de qualquer conteúdo, para se fazer significativo, deve partir de alguma situação problema concreta com a qual os alunos sejam ou estejam confrontados durante o processo de ensino e aprendizagem, bem como durante as próprias relações sociais intrínsecas ao cotidiano das pessoas que constituem determinado núcleo social (ZABALA, 1998).

Ainda em conformidade com o autor, essa situação problema pode estar relacionada com o cotidiano do grupo ao qual se pretende ensinar o conteúdo, pode estar relacionada com um problema real das pessoas, relacionada à vida prática ou ao desenvolvimento das habilidades e das capacidades atitudinais frente a um problema teórico necessário para o avanço do grupo à próxima etapa do desenvolvimento do conteúdo que se pretende ensinar. Nessa perspectiva, o percurso a ser percorrido pelo professor na escolha do método de ensino é fundamental, podendo optar por um caminho expositivo, no qual ele próprio é o foco das atenções, determina o andamento da aula e mantém os alunos numa posição de passividade, ou pode seguir uma trajetória construtivista, na qual os estudantes sejam trazidos para a posição central em que desfrutam de uma maior autonomia e poder de decisão acerca dos problemas colocados.

Deve estar muito presente, na escolha do método a ser utilizado, a preocupação em manter a coerência e a conexão entre os temas ensinados e em manter uma certa ordem ao

longo das atividades. Essas devem possibilitar a construção dos sentidos e significados aos conteúdos a fim de que a autonomia não se transforme em um entrave ao desenvolvimento intelectual e cultural do estudante.

Pensando nisso, encontramos a possibilidade da junção desses métodos, aplicados de forma alternada ou simultânea, através do que chamamos de sequência didática. É interessante chamar a atenção para o fato de que não estamos colocando os métodos em posições antagônicas e excludentes, e por isso, a sequência didática pode se tornar um instrumento mais significativo do ponto de vista das atitudes sociais e interpessoais no relacionamento entre professor/aluno, aluno/aluno e professor/aluno/instituição de ensino.

De acordo com Zabala (1998), uma sequência didática deve ter um princípio e um fim conhecidos pelo professor e pelos alunos e deve ser constituída por um conjunto de atividades ordenadas e articuladas com um objetivo educacional claro. Porém, o autor não categoriza ou define, de forma fechada, qual deve ser a estrutura dessa ferramenta dando, assim, uma autonomia de poder de decisão ao professor, o que torna a utilização desse recurso algo muito confortável, pela abertura de possibilidades e, ao mesmo tempo, desafiador.

O autor ainda exemplifica várias possibilidades do uso das sequências didáticas pelos professores, dividindo-as no que chama de unidades didáticas. As sequências possuem objetivos educacionais claros, mantém sempre entre as etapas uma relação de ordem, coerência e coesão e são direcionadas a determinadas áreas do conhecimento de acordo com que exijam maior carga procedimental, como matemática e línguas ou conceitual, como as ciências sociais ou naturais.

Como se tratam de exemplos de unidades de sequências didáticas e não de modelos fechados, as sequências apresentadas pelo autor permitem a permutação e a combinação de seus elementos, bem como a introdução de novos elementos e etapas de ensino/aprendizagem. Tais exemplos podem colocar os olhares mais direcionados às atitudes, que se diferenciam entre si quanto a individuais ou coletivas e procedimentais ou participativas, resultando, assim, em uma ferramenta com uma quantidade de possibilidades de aplicação muito grande.

Devemos estar atentos ao fato de que o que está sendo apresentado não é uma fórmula mágica com a solução para todos os problemas, mas sim um acúmulo de experiências e métodos educativos que, dentro de suas limitações e possibilidades, apresentam algumas vantagens. Estas podem ser utilizadas com o objetivo de tornar a prática educacional e o aprendizado melhor adaptado às necessidades e realidades dos alunos fazendo com que o objeto do aprendizado torne-se significativo.

De acordo com a concepção construtivista de uma sequência didática, (ZABALA, 1998) defende que é necessário que durante seu desenvolvimento estejamos atentos para algumas questões que devem ser atendidas.

- Somos capazes de determinar quais conhecimentos prévios os alunos possuem?
- Os novos conteúdos constroem novos significados e funcionalidades?
- Respeitamos o nível de desenvolvimento dos alunos?
- Os alunos serão capazes de se desenvolverem com essas atividades?
- Existem relações cognitivas entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios?
- Criamos situações motivadoras para novos aprendizados?
- Valorizamos o esforço do aluno para fortalecer a autoestima?
- Desenvolvemos as habilidades relacionadas com a autonomia dos alunos?

O objetivo não é que uma única sequência didática atenda a todas essas questões simultaneamente, mas sim que deva haver um esforço para que o maior número possível dessas questões seja atendido para que a sequência esteja apropriada e que cumpra com seu objetivo. Este deve ser o de promover uma aprendizagem significativa, ampliando as potencialidades de cada estudante, dando-lhes segurança não só para responder questões propostas pelo professor, como para elaborar novos questionamentos e investigá-los de maneira autônoma.

2.2 Aprendizagem Significativa

Para Ausubel (2003), a aprendizagem é dita significativa quando um novo conhecimento que se quer ensinar relaciona-se com conhecimentos prévios do aluno e, somados a eles, abrem possibilidade para a compreensão mais profunda e elaborada da informação além de abrir nova porta para que outros conhecimentos possam ser apreendidos por meio de nova aprendizagem significativa. Devemos entender que o processo de aprendizagem é algo extremamente dinâmico e que se amplia tanto quanto o indivíduo se aprofunde no tema de interesse. Já o processo de ensino, que também é dinâmico, encontra limitadores que se localizam na estrutura de conhecimentos preexistentes do estudante. Esses conhecimentos são imprescindíveis para a aquisição de novos e mais elaborados saberes sobre o tema ou assunto que se queira ensinar.

David Ausubel foi um médico psiquiatra novaiorquino que viveu entre 1918 e 2008, especializando-se em psicologia educacional. Sua teoria está baseada fundamentalmente na compreensão do aprendizado como um fenômeno cognitivo, embora não descarte os fatores sociais e afetivos contidos no processo (SANTANA, 2013). Crítico contundente da aprendizagem exclusivamente por processos de memorização, Ausubel (2003) aponta possíveis motivos pelos quais essa forma de aprendizado aparece muito amplamente no comportamento dos alunos. Para ele, os métodos mais antigos de ensino priorizavam as respostas dos alunos que reproduziam, literalmente, os escritos nos materiais de estudos, dando a entender que qualquer coisa que fugisse a esse padrão de respostas estaria errado. Isso causaria uma espécie de tendência à reprodução integral de definições e conceitos, sem que esses novos conhecimentos fossem efetivamente anexados à teia cognitiva de novos conhecimentos adquiridos.

De forma muito interessante, Ausubel (2003) também chama a atenção para o fato de que, devido aos alunos serem pressionados a retornarem resultados de aprendizagem por meio de avaliações que exigem demonstrarem fluência em determinados assuntos e, ao mesmo tempo, os levam a omitir lacunas e deficiências acumuladas no processo de aprendizagem, utilizam-se de métodos de memorização como fórmulas, equações e frases prontas, que acabam, por fim, maquiando a realidade da aprendizagem e valorizando a capacidade de reprodução que, em geral, representa aprendizagem significativa nula.

Embora essas percepções de Ausubel (2003) nos sejam bastante familiares, não podemos perder de vista que se trata de uma realidade e de um contexto que possui um número muito grande de afinidades, mas também possui diferenças significativas com a realidade na qual estamos inseridos e na qual desejamos desenvolver nossas habilidades de ensinar. Enquanto Ausubel (2003) analisa o comportamento de professores e alunos da América do Norte, é importante também voltarmos nossos olhares para as particularidades do que é ensinar e aprender num país atrasado e de capitalismo periférico.

Isso nos faz recorrer a outro teórico da pedagogia que, em seus estudos, hipóteses e conclusões, analisa mais profundamente essas relações com foco em nossa cultura. Falaremos de educação segundo a ótica de Paulo Freire. Pernambucano que viveu entre 1921 e 1997 e, embora tenha estudado direito na Universidade de Recife, foi como educador que teve seu trabalho amplamente reconhecido, tanto no Brasil quanto em grande parte da América Latina e no restante do mundo. Seu método de alfabetização de adultos, utilizado em todo o território nacional, e suas influências Marxistas lhe renderam a alcunha de subversivo levando-o à

prisão por cerca de três meses durante o período da ditadura militar brasileira iniciada em 1964.

O educador brasileiro propõe uma educação libertadora, na qual o educando não é visto como um simples depósito de conhecimentos desconexos que não levam em conta suas bagagens culturais. Nesse sentido, sua compreensão de educação convida o estudante a se colocar numa posição questionadora e reflexiva quanto aos conteúdos que visam ao adestramento por meio da repetição e dos métodos de memorização. A educação deve ser democrática e democratizadora.

Paulo Freire sempre teve uma postura política bastante atuante e, desde muito cedo, ingressa nos meios de poder que lhe conferem a capacidade de atuar como um dos maiores expoentes da educação brasileira. Aos 23 anos, torna-se superintendente do serviço social da indústria no setor de educação e cultura e, aos 38, passa a atuar como professor de história e de filosofia na Universidade do Recife. Para ingressar nessa cadeira, redige, em 1959, *Educação e Atualidade Brasileira* que possui um imenso caráter político, que pode ser observado ao longo de toda a obra. Destaco aqui um trecho para exemplificar, no qual Freire tece uma crítica contundente aos processos alienantes dos meios de produção em série:

Toda prática, então, de que possa resultar a amenização da rutura entre o homem e sua obra, característica da produção em série, ajudará incontestavelmente a preservar a transmutação de consciência, ganha com a industrialização mas por ela também ameaçada. Ameaçada pelo trabalho altamente especializado que vai diminuindo a esfera da responsabilidade do homem. E essa responsabilidade, diminuída progressivamente, acabará por desumanizar o homem e massificá-lo. (FREIRE, 1959, p.37-38).

Sua proposta político-pedagógica não estava engessada em padrões ou modelos importados que possuíam o caráter de reprodução de conhecimento aleatório e afastado da realidade das classes populares. Sua percepção era de que a educação deveria abarcar não só os conhecimentos formais, mas sobretudo, os saberes dessa classe para a qual seu trabalho destinava-se. O seu respeito à bagagem cultural dos alunos direciona seu trabalho no sentido de uma verdadeira democratização dos saberes e das práticas pedagógicas. A preocupação com o processo de democratização da educação de Freire vai muito além da popularização da formação escolar. Para ele, o foco da escola precisa ser necessariamente o aluno e sua realidade. Esse pensamento fica manifesto na seguinte afirmação: “Somente uma escola centrada democraticamente no seu educando e na sua comunidade local, vivendo as suas circunstâncias, integrada com seus problemas, levará os seus estudantes a uma nova postura diante dos problemas de seu contexto.” (SANTANA, 2013, p. 37).

A fragmentação dos conhecimentos em conteúdos distintos entre si provoca um afastamento por parte do aluno, uma vez que tais conteúdos passam a ser apresentados como módulos que não apresentam integração entre si, dificultando, ou mesmo impedindo, a construção de uma aprendizagem significativa. É necessário, para que o aprendizado realize-se em sua forma mais ampliada, que o educador e as próprias instituições de ensino levem em consideração o contexto social local dos estudantes, sua cultura, suas vivências cotidianas e seus conhecimentos prévios. Isso só pode acontecer, se houver um diálogo contínuo entre estudantes e professores, de forma que os conteúdos sejam organizados partindo da realidade dos alunos, e isso configura um ponto de confluência entre a teoria de Ausubel (2003) e de Freire (1996), embora inseridos em realidades diferentes.

Tanto para Ausubel (2003) quanto para Freire (1996), a aprendizagem, para ser significativa, necessita levar em consideração toda a bagagem de conhecimentos prévios dos alunos, porém em Freire (1996), notamos uma importância ampliada em relacionar a aprendizagem dos conteúdos com a capacidade de leitura do mundo e, conseqüentemente, com a construção de uma consciência coletiva libertadora e democratizadora. Assim, as experiências culturais, sociais, econômicas e materiais relacionam-se mutuamente entre si no processo de construção de saberes e estão inscritas na teoria da aprendizagem significativa. Isso ocorre de modo a ampliar seus limites tanto quanto a experiência educacional seja efetivamente libertadora, crítica e democrática, não apenas no sentido de transferência de conhecimentos técnicos e escolares, mas no sentido da própria inclusão de cada realidade ao processo de ensino-aprendizagem.

2.3 Princípio de Arquimedes

O princípio de Arquimedes é cercado de algumas histórias e suposições tão interessantes quanto intrigantes do ponto de vista de sua historiografia. Dentre essas histórias, talvez a mais famosa seja a da “coroa do rei Hieron de Siracusa”(MARTINS, 2000). Trata-se de uma lenda na qual o rei havia mandado um ourives³ cunhar sua coroa de ouro. Após receber a coroa, o rei teria sido informado de que o ourives tinha substituído parte do ouro da coroa por prata a fim de tomar para si o excedente em ouro. Para resolver o problema e sanar as suspeitas do rei, Arquimedes teria determinado, através dos princípios da hidrostática, se o

³ Ourives é uma pessoa que forja e vende utensílios de metais preciosos.

ourives que cunhou a coroa do rei Hieron havia adicionado ou não uma parcela de prata ao ouro.

Segundo a lenda, Arquimedes teria tido a inspiração para resolver o problema ao notar que, quando introduzia seu corpo em uma banheira cheia de água, uma parte da água transbordava. Arquimedes percebeu que o volume da água transbordada equivalia, exatamente, ao volume da parte de seu corpo que entrava na banheira.

Arquimedes havia percebido, durante seus estudos a respeito da geometria dos corpos, que cada tipo de material que os constituía possuía um determinado “peso” proporcional à quantidade de material que encerrava, o que chamamos de massa específica. Como Arquimedes havia descoberto um modo de conhecer o volume dos corpos assimétricos com grande precisão, igualando o deslocamento do volume de água que promovem ao serem mergulhados em um recipiente ao seu próprio volume, pôde realizar a comparação entre as massas específicas do ouro, da prata e da coroa e assim verificar se as suspeitas do rei estavam corretas.

Arquimedes foi ainda mais adiante quando observa que, ao introduzir corpos na água contida em um recipiente, além de promover um deslocamento no nível da água, que determina o volume do próprio corpo, nota que o “peso” desses objetos fica sensivelmente modificado. A essa diferença entre o “peso” do corpo fora da água (fluido) e o “peso” do corpo dentro da água, foi dado o nome de “empuxo”.

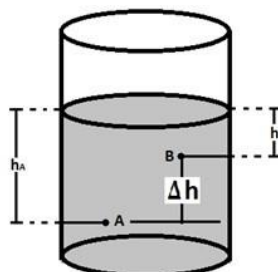
Esse efeito observado por Arquimedes por volta do século II a.C., é o que explica porque ao pegarmos uma pessoa no colo dentro da água de uma piscina, por exemplo, temos a nítida sensação de que essa pessoa é mais leve que o real. A força que atua sobre o corpo dela, que a ajuda a flutuar é o empuxo e, em diversos livros, artigos e dissertações, essa força é descrita como sendo uma força vertical e para cima exercida pelos fluidos em equilíbrio sobre os corpos nele imersos, sendo, numericamente, igual ao peso da massa de fluido deslocado (HELOU; BISCOLOLA; BÔAS, 2007).

Para uma compreensão correta desse fenômeno e de suas aplicações, é muito necessário que tenhamos conhecimento de um importante princípio da hidrostática, conhecido como Princípio de Stevin ou Lei de Stevin.

Essa lei enuncia que a pressão (P), no interior de um fluido em equilíbrio estático, aumenta linearmente com a profundidade (h), ou seja, a diferença de pressão entre dois pontos situados no interior de um fluido em equilíbrio estático é diretamente proporcional à diferença entre suas profundidades.

Para compreendermos essa afirmação, vamos analisar um recipiente contendo um determinado líquido de densidade ρ , conforme a figura 1.

Figura 1 – Recipiente contendo líquido



Fonte: O autor, 2020.

De acordo com o enunciado da Lei de Stevin, teríamos a seguinte equação, onde A e B são pontos no interior do líquido:

$$P_A - P_B \propto h_A - h_B$$

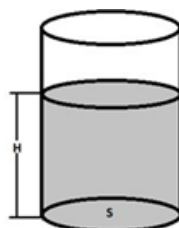
$$\Delta P \propto \Delta h$$

No entanto, precisamos determinar quais são os fatores de proporção entre essas duas grandezas. Para isso, podemos calcular qual a pressão exercida pelo líquido no fundo do recipiente utilizando a definição que a pressão é a razão entre o módulo da força (F) e a área (S) na qual está aplicada e compreendendo que a força que o líquido exerce sobre o fundo do recipiente equivale ao seu próprio peso.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S}$$

Expressando a massa “m” em função da densidade e do volume “V” e determinando o volume de líquido contido no recipiente da figura 2 como o volume da coluna líquida de altura “H” e área da base “S” pelo produto entre estas grandezas, obtemos:

Figura 2 – Coluna líquida de área S e altura H

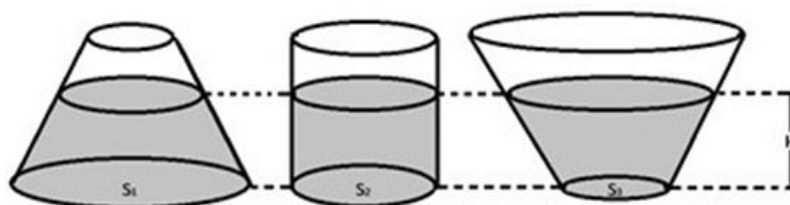


Fonte: O autor, 2020.

$$P = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot S \cdot H \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot H$$

Uma observação muito importante a respeito desta equação é sua independência com relação à área “S” do fundo do recipiente. Isso significa que a forma do fundo do recipiente, como representado na figura 3, não influencia em nada na pressão que o fluido exerce sobre ele. A pressão hidrostática, em um ponto de um fluido ideal (fluidos que não sofrem compressão e possuem densidade constante) em equilíbrio, é uma função da profundidade em que se encontra com respeito à superfície livre do fluido.

Figura 3– Recipientes com diferentes áreas da base



Fonte: O autor, 2020.

A pressão hidrostática, no fundo dos três recipientes, é a mesma mesmo tendo áreas de base diferentes. Além disso, podemos enunciar que todos os pontos que estejam à mesma profundidade com relação à superfície livre do fluido sofrerão a mesma pressão devido à coluna.

Devemos supor que o recipiente que contém o líquido estudado esteja situado em uma região onde exista uma pressão externa. Assim, a pressão total ou pressão efetiva sofrida pelo fundo do recipiente será a soma da pressão da coluna líquida acrescida da pressão externa. Caso esteja ao nível do mar, a pressão externa será chamada de pressão atmosférica ($P_{atm} = 10^5 \text{N/m}^2$).

$$P = P_{Externa} + \rho \cdot g \cdot H$$

Desta forma, é possível determinar que a diferença de pressão entre os pontos A e B do recipiente da figura 1 é dada por:

$$P_A - P_B = \rho \cdot g \cdot h_A - \rho \cdot g \cdot h_B$$

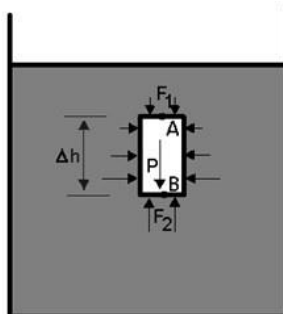
$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Onde os pontos A e B possuem a mesma pressão externa e, portanto, anulam-se, não sendo uma grandeza relevante ao cálculo da diferença de pressão entre esses pontos.

Agora que explicamos o princípio de Stevin, podemos utilizá-lo como base para a compreensão do que estamos chamando de Princípio de Arquimedes ou Lei do Empuxo.

Faremos a demonstração da expressão do empuxo através da diferença de pressão, de acordo com o livro Curso de Física Básica (NUSSENZVEIG, 1981).

Figura 4– Corpo de peso “P” imerso em líquido



Fonte: O autor, 2020.

Observe a figura anterior, na qual temos um corte de um recipiente cilíndrico contendo um líquido de densidade ρ_{fluido} dentro do qual foi colocado um corpo de massa m e densidade ρ_{corpo} e área de secção transversal S , permitindo calcular o volume imerso (V_{imerso}) pelo produto $\Delta h \cdot S$.

Podemos perceber que os diferentes pontos do corpo imerso no fluido sofrem diferentes pressões devido às suas profundidades e, conseqüentemente, a força que atua em cada ponto do corpo devido a essa pressão também varia de acordo com a profundidade. Pela simetria do problema, as forças nas paredes laterais do corpo imerso se anulam, impondo ao corpo a situação de equilíbrio com relação ao eixo horizontal.

Já nas superfícies superior e inferior do corpo imerso, teremos as forças F_1 (vertical para baixo) e F_2 (vertical para cima), conforme representado na figura 4. Como a superfície inferior está a uma profundidade maior que a superior, a força F_2 é naturalmente maior que F_1 , o que acarreta uma resultante vertical para cima, dada pela diferença entre essas duas forças. Essa resultante é o que chamamos de Empuxo.

$$E = F_2 - F_1$$

$$E = P_B \cdot S - P_A \cdot S = \Delta P \cdot S$$

$$E = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot \Delta h \cdot S$$

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

A última equação mostra que o empuxo é uma função da densidade do fluido e do volume imerso.

A partir da força de empuxo, podemos identificar se o corpo irá afundar, se manter em equilíbrio com o fluido ou flutuar na superfície com parte de seu volume imerso e parte emerso.

Quadro 1 – Relação Peso x Empuxo

$P > E$	Corpo afunda
$P = E$	Corpo se mantém em equilíbrio
$P < E$	Corpo flutua

Fonte: O autor, 2020.

A partir da compreensão desse fenômeno, atualmente, podemos aplicá-lo de inúmeras maneiras diferentes e em diversas áreas do conhecimento. Na agronomia, temos o exemplo da determinação da umidade em fertilizantes e sementes usando o princípio de Arquimedes (MELLO, 1969). Na medicina, o mesmo princípio pode ser usado na hidroterapia, que é definida como o uso externo da água com propósitos terapêuticos (CAROMANO, 2019). Na aeronáutica, temos o uso dos balões atmosféricos e dos dirigíveis e, nas pesquisas aeroespaciais, a NASA⁴ utiliza o que chamam de piscinas de flutuação para simular ambientes com gravidade zero⁵.

Sem o profundo conhecimento do princípio de Arquimedes, as grandes navegações jamais teriam se realizado e a história da humanidade, com toda a certeza, seria muito diferente do que temos hoje. Sem esse conhecimento, teríamos uma grande dificuldade de transportar cargas de maneira barata entre os diversos continentes do globo terrestre, resultando em impactos imediatos na economia e nas relações de trocas de valores e mercadorias entre os diversos países do mundo.

O princípio de Arquimedes, assim como a física de maneira geral, é mais que uma equação ou uma fórmula que deve ser decorada e utilizada para resolver problemas de provas e vestibulares. É uma obra da criação do conhecimento humano, do controle sobre a natureza que resulta em grande impacto na história da humanidade e no desenvolvimento das sociedades.

Atualmente, possuímos uma grande clareza e compreensão a respeito da força exercida pelos fluidos que, para aqueles que viveram no século II a.C., era um tanto quanto

⁴ A NASA (National Aeronautics and Space Administration) é uma agência do governo dos Estados Unidos responsável pela pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e programas de exploração espacial.

⁵ <https://canaltech.com.br/ciencia/seis-metodos-inusitados-da-ciencia-para-simular-ambientes-de-gravidade-zero-65425/> - Acessado 29/10/2019

misteriosa. Esse fato, porém, não diminui sua importância nas ciências, uma vez que novas aplicações podem surgir a qualquer momento e que ainda despertam polêmicas acerca da forma correta para sua explicação.

No artigo “O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009), é levantada uma discussão tão interessante quanto intrigante, por meio de um “paradoxo” a respeito da forma correta de se definir a força de empuxo, que é feita de maneira muito ampla em diversas literaturas como sendo “uma força numericamente igual ao peso da massa do fluido deslocado”. O autor levanta o questionamento feito por Galileu, no século XVII, a respeito de o volume imerso no fluido não ser necessariamente igual ao volume deslocado pelo mesmo e, dessa forma, a definição do empuxo citada estaria incompleta e necessitaria de alguma restrição.

Quando introduzimos um corpo num recipiente completamente cheio de água ou qualquer outro líquido, o volume transbordado será exatamente igual ao volume da parte imersa do corpo, desde que vencida a tensão superficial. Como as dimensões do corpo imerso são, geralmente, da mesma ordem de grandeza das dimensões do recipiente, o efeito de não transbordamento devido à tensão superficial não ocorrerá. Então, recolhendo-se o volume transbordado e medindo seu peso, obtemos exatamente o valor numérico da força de empuxo. Isso resulta no enunciado geral do princípio de Arquimedes que diz: “Todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”.

O problema a respeito dessa afirmação ocorre quando o volume de líquido no interior do recipiente é inferior ao volume do corpo imerso. Na figura 5, observamos a situação problema em questão. No interior de um recipiente cilíndrico, coloca-se 230 ml de água com corante. Em seguida, introduz-se, em seu interior, uma lata contendo 350 ml (fechada e cheia de cerveja), de forma que fique em equilíbrio conforme a Foto 2 da imagem.

Figura 5– Paradoxo Hidrostático

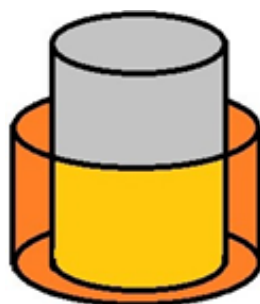


Fonte: “O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009. p. 277)

Como podemos observar, uma parcela muito pequena da lata fica emersa e, dessa forma, o volume introduzido no recipiente é superior ao volume total de líquido que estava em seu interior, o que nos leva a concluir que o volume deslocado é inferior ao volume imerso. Isso impõe uma contradição imediata com relação ao enunciado mencionado. Como podemos deslocar quase 350 ml de líquido de um recipiente que contém apenas 230 ml do líquido em seu interior?

É importante observar, na figura 5, que o recipiente no qual iremos introduzir a lata deve possuir um volume interno superior à soma dos volumes do líquido contido em seu interior e da lata que será introduzida nele. Caso isso não aconteça, parte do líquido irá transbordar ou a lata ficará encostada no fundo do recipiente, conforme a figura 6. Observamos que a lata, na Foto 2 da figura 5 encontra-se flutuando sem tocar o fundo do recipiente e que o líquido não ocupa todo seu volume e também não ocorre transbordamento. Isso acontece porque o recipiente não está completamente cheio. Se estivesse, o volume transbordado seria exatamente o mesmo volume imerso. Já se o recipiente no qual a lata será introduzida comportasse apenas os 230 ml, ou seja, fosse menor, o líquido de seu interior transbordaria até que a lata tocasse seu fundo, conforme observamos na figura 6, e o empuxo continuaria sendo, numericamente, igual ao peso da massa de líquido transbordada.

Figura 6– Lata mergulhada num recipiente menor completamente cheio



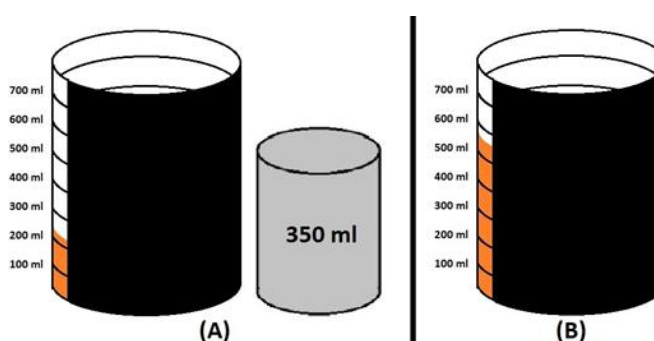
Fonte: O autor, 2020.

A situação representada, na Foto 2 da figura 5, evidencia um erro no enunciado tradicional do princípio de Arquimedes, “Todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”, uma vez que o peso do corpo imerso é superior ao peso de toda água contida no recipiente.

Uma maneira simples de corrigir esse equívoco, didaticamente, seria envolver o recipiente com uma camada de tinta opaca, deixando apenas uma tira transparente com as indicações de volume para que o observador possa fazer a leitura do nível do líquido em seu

interior, conforme a figura 7 A, que indica que o volume de líquido no interior do recipiente, antes da introdução da lata vale, aproximadamente, 230 ml. Após introduzirmos a lata de 350 ml no interior do recipiente, conforme mostrado na figura 7 B, o nível do líquido no interior do recipiente assume valor aproximado de 570 ml, evidenciando uma variação de, aproximadamente, 340 ml. O volume do líquido no interior do recipiente continua sendo 230 ml, evidentemente, porém o volume deslocado é, aparentemente, 340 ml.

Figura 7– Deslocamento de Volume Aparente



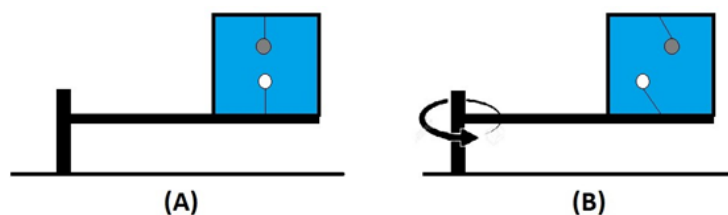
Fonte: O autor, 2020.

Feitas essas observações, deixamos claro para o estudante que, nos casos em que o recipiente não esteja completamente preenchido, o volume deslocado ao qual se refere o enunciado do princípio de Arquimedes, é o volume aparentemente deslocado, conforme observa-se na figura 7 B.

Outra situação bastante interessante a ser abordada com os alunos é aquela em que o recipiente contendo uma determinada quantidade de líquido encontra-se em um referencial inercial, como por exemplo no interior de um vagão com movimento acelerado, descendo um plano inclinado ou executando um movimento circular.

Na figura 8, observamos um recipiente (A) cheio de água, em repouso, sobre uma plataforma dentro do qual colocamos duas esferas presas a cordas, uma de isopor e outra de metal. Nota-se que, na situação de repouso as esferas encontram-se na vertical. Ao colocarmos a plataforma para girar (B), a esfera de isopor inclina-se para dentro da curva e a de metal para fora. Assim, é possível discutirmos as condições de equilíbrio e deixarmos claro que o empuxo é uma força de baixo para cima, conforme o enunciado de Arquimedes, apenas quando o líquido estiver em equilíbrio, ou seja, num referencial não acelerado.

Figura 8– Em (A), temos um recipiente apoiado sobre plataforma em repouso e, em (B), a plataforma é colocada para girar



Fonte: O autor, 2020.

Isso acontece porque o empuxo é uma força que os fluidos exercem sobre os corpos nele imersos, cuja direção é sempre perpendicular à superfície livre do fluido, equivalendo a uma “força normal”. Sendo assim, quando os corpos estão no interior de um fluido em equilíbrio estático ou dinâmico, a superfície livre fica na horizontal e o empuxo apontará, verticalmente, para cima. Já com o recipiente acelerado, o fluido em seu interior terá sua superfície livre inclinada e o empuxo se manterá perpendicular a essa superfície. Dessa forma, as posições que as esferas assumem, na imagem (B) da figura 8, ficam explicadas.

3 METODOLOGIA

Este trabalho destina-se à elaboração de uma sequência didática a respeito do Princípio de Arquimedes, na qual o estudante seja estimulado não somente a resolver exercícios de fixação propostos pelos livros, através do método tradicional, mas que se torne agente do processo de aprendizagem e de desenvolvimento dos mecanismos, raciocínios, experimentos e modelo teórico que o permita compreender o fenômeno e suas utilizações no contexto histórico e social. Para isso, vamos dividi-la em quatro etapas. Na 1ª etapa, será aplicado um Questionário Investigativo (1 tempo de 40 min); na 2ª etapa, será discutido um texto técnico/didático (1 tempo de 40 min); na 3ª etapa, serão realizados 2 experimentos didáticos acompanhados de um roteiro (2 tempos de 40 min) e, na 4ª etapa, será realizada uma avaliação (1 tempo de 40 min).

A primeira etapa da sequência didática será a aplicação de um questionário investigativo (Apêndice A), no qual o aluno será avaliado de acordo com os conceitos acumulados em sua vida cotidiana a respeito de fenômenos como flutuação, navegação, dificuldade de se movimentar (nadar) em água doce e em água salgada. Essa etapa de investigação é de fundamental importância para o desenvolvimento do processo de ensino, uma vez que possibilita ao professor compreender quais conhecimentos prévios corretos e que equívocos criados pelo senso comum acompanham os estudantes Zabala (1998) Ausubel (2003) e Freire (1996). Ter acesso a essas informações é muito importante no sentido da condução das próximas etapas, permitindo ao professor saber a quais pontos deve ser dada maior relevância durante as explicações e discussões acerca do conteúdo em sala de aula.

A segunda etapa será iniciada pela discussão do texto explicativo sobre o Princípio de Arquimedes (Apêndice B) destacando a relevância histórica desse conhecimento e parte de seu desenvolvimento e motivações. Após a breve discussão, o professor dará seguimento ao desenvolvimento matemático da descrição do princípio de Arquimedes conforme discutido na seção 2.3 deste trabalho. Consideramos que essa etapa, no processo de ensino-aprendizagem, seja muito importante no sentido da construção de uma base teórica que propicie ao estudante o domínio mínimo da teoria e do desenvolvimento do novo conteúdo que se pretende ensinar. Para finalizar essa etapa, o docente pode utilizar o simulador livre PhET⁶ para ilustrar e aumentar o nível de interação dos estudantes com o assunto ministrado.

⁶ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/density - Acessado 29/10/2019
https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy_pt_BR.html - Acessado 29/10/2019

Figura 9– Simulador Phet



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy_pt_BR.html - Acessado em 29/10/2019

Na figura anterior, observamos que ao introduzirmos o bloco de madeira no interior do recipiente, ocorre o fenômeno de flutuação, permitindo realizarmos o cálculo da densidade relativa entre a madeira e a água. Além disto, o simulador permite alterarmos o valor das massas que serão mergulhadas no líquido, assim como, permite mudarmos o líquido no interior do recipiente. O uso do simulador abre espaço para diversas combinações de massas e líquidos, estimulando o processo investigativo.

A terceira parte será de prática experimental, na qual serão realizadas duas experiências (Apêndice C), utilizando materiais de baixo e médio custo a fim de consolidar a compreensão das grandezas relevantes para a determinação do empuxo através da medição direta por instrumento (Experiência C.1) e por uso direto da equação de Arquimedes (Experiência C.2).

Na Experiência C.1, o aluno será convidado a medir o valor das massas cilíndricas mostradas na Figura 10(a), fazendo uso do dinamômetro, no ar e depois quando imersos no recipiente contendo o líquido, de acordo com a Figura 10(b). A diferença entre os valores medidos representará o empuxo exercido pelo líquido sobre o corpo. As imagens (a) e (b) da Figura 10 exemplificam o procedimento citado. Com o cilindro de aço no ar, a leitura no dinamômetro indica aproximadamente 0,96 N, ao passo que, após imergi-lo em água, a leitura passa a valer aproximadamente 0,84 N, permitindo que o aluno conclua que o valor associado ao empuxo seja 0,12 N, dado pela diferença entre as medidas anteriores.

Figura 10– Materiais Experimentais

(a) Cilindro de Aço (b) Cilindro de Aço
imerso em água



Fonte: O autor, 2020.

Este procedimento deverá ser repetido pelos estudantes, separados em grupos de até cinco pessoas, utilizando diferentes massas cilíndricas para que possam observar que cilindros de mesmo volume e materiais diferentes sofrem o mesmo empuxo quando imersos no mesmo fluido. Em seguida, todo o procedimento experimental deverá ser repetido, porém utilizando água com sal e óleo de cozinha, respectivamente, como meios para imergir as massas cilíndricas e, dessa forma deixar clara a influência da densidade do fluido para o empuxo.

Na Experiência C.2 os alunos deverão determinar o valor do empuxo utilizando a equação do empuxo de maneira direta. Para isso, deverão utilizar um paquímetro para determinar as dimensões dos corpos cilíndricos (diâmetro “d” e altura “h”) e, então, calcular seu volume através da expressão do volume do cilindro, fornecida ao aluno no próprio roteiro e com a supervisão e auxílio do professor quanto à utilização do instrumento. É bom salientar que a utilização de uma régua em substituição ao paquímetro pode acontecer, desde que seja feita com um cuidado muito grande, uma vez que a diferença de alguns milímetros nas medidas das dimensões dos corpos poderá levar a diferenças significativas com relação ao valor do empuxo obtido na Experiência C.1.

No roteiro experimental serão disponibilizadas tabelas para serem preenchidas pelos estudantes, seguidas de um pequeno questionário no qual se fará necessária a formulação conceitual escrita a respeito do fenômeno em questão, bem como aplicações algébricas para a determinação da densidade relativa entre os diferentes líquidos utilizados e para o cálculo do volume dos corpos. Para essas etapas algébricas, faz-se necessário o uso da calculadora. Embora os experimentos sejam feitos em grupos de até cinco pessoas, estimamos que sejam necessários dois tempos de 40 minutos para a aplicação dessa atividade, de forma satisfatória

e inclusiva, permitindo que todos possam interagir com os experimentos e revezar entre si na realização das tarefas.

A quarta etapa dessa sequência didática é destinada à realização individual de uma avaliação (Apêndice D), em um tempo de 40 minutos, na qual constará um número reduzido de questões. Embora não tenhamos o objetivo de preparar os alunos para a realização das provas de ingresso em cursos superiores, utilizamos nesta última etapa questões similares àquelas cobradas pelos principais concursos do país, como os vestibulares ENEM e da UERJ.

A intenção principal desta última etapa é avaliar o progresso alcançado pelos estudantes, com respeito a compreensão do Princípio de Arquimedes, ao longo da aplicação desta sequência didática.

4 CONCLUSÃO

Sabemos que existe a possibilidade da construção de sequências didáticas tradicionais, nas quais o professor coloca-se no foco das atenções e elabora um roteiro de procedimentos bastante fechado em etapas bem definidas como comunicação da matéria, estudo individual, exercícios de fixação e avaliação, tornando-se uma fonte de conhecimentos, saberes e autoridade. Todavia, também podem-se construir sequências amplamente abertas, nas quais as próprias situações-problemas partam dos interesses dos alunos, de forma que o papel do professor fique reduzido ao de mediador no processo de aprendizagem. Nossa intenção neste trabalho não está em nos mantermos em nenhum dos extremos, mas sim em mesclar pontos de cada tipo de sequência.

A sequência didática desenvolvida neste estudo objetivou levar o aluno a compreender que seus aprendizados em física podem e devem estar relacionados com sua vida e com o desenvolvimento que cada indivíduo dará a ela. Tivemos a preocupação de que o aluno perceba a relação entre o que queremos ensinar, o “Princípio de Arquimedes”, e a sociedade. É importante que o estudante consiga aproximar o estudo de ciências, especificamente as ciências físicas, de algo além de mera ferramenta para a conquista da vaga numa universidade ou para a colocação no mercado de trabalho, resultando, simplesmente, na manutenção de privilégios de classe. Espera-se que esse estudo possa constituir um caminho para a compreensão do mundo em que vive e as formas como esses conhecimentos podem influenciar na sociedade em que está inserido.

Na sequência didática, foram levantados aspectos importantes do desenvolvimento da ciência, através do estudo e da compreensão dos princípios da hidrostática, em destaque o Princípio de Arquimedes para as navegações, que alteraram decisivamente nossa história, nas tecnologias de voo de balões, dirigíveis e do próprio avião. Foguetes não poderiam ser colocados em órbita, não conheceríamos os submarinos, não teríamos métodos de separação de substâncias de diferentes densidades, a medicina não teria acesso à hidroterapia, não existiriam os aparelhos mais simples de medidas de pressão etc.

A sequência desenvolvida teve como foco alunos do ensino médio, dos quais é esperado que possuam conhecimentos de matemática básica, leitura e capacidade de interpretação de textos e gráficos. De acordo com Groenwald e Nunes (2007), o uso da linguagem matemática, nessa etapa da vida dos estudantes, possui uma grande importância para o desenvolvimento intelectual e de diversas habilidades como:

[...]lógica de raciocínio; saber transferir conhecimentos de uma área para outra; saber comunicar-se e entender o que lhe é comunicado; trabalhar em equipe; interpretar a realidade; buscar, analisar, tratar e organizar a informação; adotar uma postura crítica, sendo consciente de que o conhecimento não é algo terminado e deve ser construído constantemente; tomar decisões, ganhando em autonomia e criatividade. (GROENWALD; NUNES, 2007, p. 99)

A fim de evitar os caminhos muitas das vezes traçados por professores que baseiam suas aulas nos métodos tradicionais de ensino, pautados em explicação teórica, resolução de problemas de fixação e avaliação, procuramos desenvolver uma sequência cuja intenção não é simplesmente romper com esse método. Pretendemos trazer o aluno, suas experiências e conhecimentos prévios dos fenômenos que serão estudados para o centro das atenções, dando ao estudante a possibilidade de interagir com os conhecimentos de maneira prática, ao mesmo tempo que, proporcionando aos professores uma possibilidade de fazer ciência em sala de aula, descobrindo as fragilidades e lacunas de seus alunos no decorrer da aplicação da sequência.

Neste estudo, tivemos a preocupação de tornar as atividades aqui propostas viáveis para aplicação na maior parte das escolas do país, mesmo naquelas que não disponham de laboratórios para a execução de procedimentos experimentais, o que acontece na imensa maioria das escolas brasileiras de ensino fundamental e médio. A parte experimental da sequência didática que apresentamos será melhor aplicada em um ambiente de laboratório, porém também pode ser utilizada em uma sala de aula simples, bastando para isso que o professor a organize com antecedência.

Como afirmamos, não temos a intenção de dar ao aluno a impressão de que conquistaram a integral compreensão acerca dos fenômenos e suas aplicações, deixando claro que a ciência é algo dinâmico, cujo desenvolvimento depende de inúmeras variáveis, dentre as quais, a necessidade material e a curiosidade humana são seus carros-chefes. Dessa forma, pretendemos que este trabalho constitua-se um material que contribua tanto para o desenvolvimento das percepções dos alunos a respeito do tema abordado, como possa servir de base ou ponto de partida para outros professores que pretenderem aplicá-la.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** 1ª Edição. Lisboa, Portugal: Plátano Editora, 2003.

BEJAN, Adrian; JONES, Edward C.; CHARLES, Jordan D. The evolution of speed in athletics: why the fastest runners are black and swimmers white. **International Journal of Design & Nature and Ecodynamics**, Southampton, Reino Unido, v. 5, n. 3, p. 199-211, 2010.

CAROMANO, Fátima Aparecida. Princípios físicos que fundamentam a hidroterapia. **Fisioterapia Brasil**, São Paulo, v. 3, n. 6, p. 394-402, 2019.

CORRÊA, João Guilherme de Souza. Relação Marxismo e ciência: Luta de classes, superação da filosofia e emancipação humana. **Em Debate**, Florianópolis, n. 3, p. 120-134, 2007.

COSTA, Alice Scherer da. **Desenvolvimento de uma proposta para o ensino de hidrostática voltada para a aprendizagem significativa.** 85 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

DUARTE, Newton. **Vigotski e o "aprender a aprender": crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana.** 2ª Edição. Campinas: Editora Autores Associados, 2001.

DUARTE, Newton. Luta de classes, educação e revolução. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, Londrina v. 3, n. 1, p. 128-138; fev. 2011.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 25ª. São Paulo. Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Educação e atualidade brasileira.** Recife: Universidade Federal de Recife, 1959. Disponível em: <<http://www.acervo.paulofreire.org:8080/jspui/handle/7891/1976>> Acesso em: 14 ago. 2019.

GROENWALD, Claudia Lisete Oliveira; NUNES, Giovanni da Silva. Currículo de matemática no ensino básico: a importância do desenvolvimento dos pensamentos de alto nível. **Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa**, México, v. 10, n. 1, p. 97-116, 2007.

HELOU, Ricardo Doca; BISCUOLA, José Gualter; BÔAS, Newton Vilas, **Tópicos de Física**. v.1. 20ª edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2007.

KRAWCZYK, Nora. **O ensino médio no Brasil**. São Paulo: Ação Educativa, 2009. Coleção Em Questão, v. 6.

MANTOVANI, Sergio Roberto. **Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico**. Dissertação (Mestrado em ensino de física) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.

MARTINS, Roberto de Andrade. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

MELLO, F. de. Determinação da umidade em solos, fertilizantes e sementes, com base no princípio de Arquimedes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, São Paulo, v. 26, p. 87-91, 1969.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica.v.2**. 3ª. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1981.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 424-438, 2008.

ROSA, C. W.; PEREZ, C. A. S.; DRUM, C. Ensino de física nas séries iniciais: concepções da prática docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 357-368, 2007.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Universo da Física v.1. 2^a**. São Paulo: Atual Editora, 2005.

SANTANA, Marcelo da Fonsêca. **Aprendizagem significativa em David Ausubel e Paulo Freire: regularidades e dispersões**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SILVA, Jéssica Querolin Goes da. **A Evasão no Ensino Médio na Coordenaria Distrital I SEDUC**. 2014. 39 f. Relatório Final de Iniciação Científica. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

SILVEIRA, F. L. da; MEDEIROS, A. O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 273–294, 2009.

TAXINI, Camila Linhares et al. Proposta de uma sequência didática para o ensino do tema "estações do ano" no ensino fundamental. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 81–97, 2012.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

1. A Figura 11 mostra o casco de um navio de transporte de cargas com algumas marcações. Para que servem essas marcações e como são utilizadas?

Figura 11– Marcações no casco de um navio de transporte de cargas



Fonte: [https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Draft_scale_at_the_ship_bow_\(PIC00110\).jpg](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Draft_scale_at_the_ship_bow_(PIC00110).jpg) – Acessado em 03/11/2019

2. “A água dos rios e lagos tem uma densidade aproximada de 1 grama por centímetro cúbico. Já a densidade média da água do mar é 1,03 grama por centímetro cúbico, resultado da mistura principalmente com o cloreto de sódio. A variação da densidade é pequena, apenas 3%(...)” (Revista Super Interessante On-line . Acessado em 27 novembro de 2019)

“O texto acima nos leva a concluir que as pessoas e os corpos boiam com maior facilidade em água salgada.”

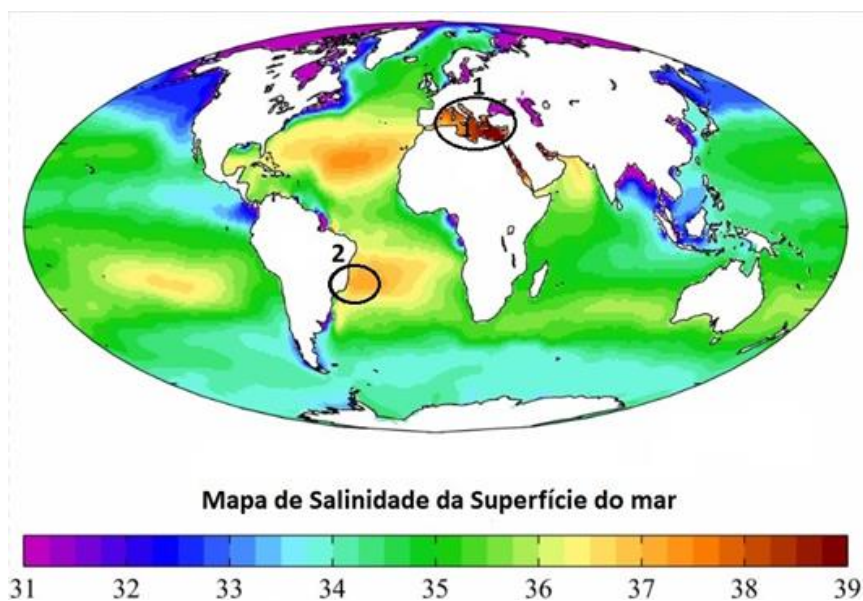
Com respeito à afirmação acima, você:

- () Discorda
() Não sabe opinar
() Concorda

3. O mapa da Figura 12 representa a salinidade média anual das superfícies dos mares do nosso planeta. Quanto mais próximo do vermelho, maior a salinidade da água e quanto mais próximo do violeta, menor a salinidade da água.

Com base em seus conhecimentos de geografia e de física, explique o que acontece com a parte submersa de um navio de carga que parte da costa brasileira com destino a:

Figura 12– Mapa de salinidade



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Salinidade> – Acessado em 03/11/2019

- a) um porto no mar Mediterrâneo (Ponto 1 no mapa);
- b) um porto na região sudeste da costa brasileira (Ponto 2 no mapa).
4. Ainda pensando na flutuação e na navegação de um navio e mantendo a coerência com suas respostas anteriores, análise a afirmação: “Um navio é capaz de desenvolver maior velocidade quando navega em água salgada”.
- () Discordo
- () Não sei opinar
- () Concordo
5. Marque um “x” abaixo dos objetos que você acredita que flutuarão em água doce (água da torneira).

Figura 13– Quais objetos flutuam em água?

Fonte: O autor, 2020.

1. Limão; 2. Esfera de Aço; 3. Brinquedo de borracha oco; 4. Ovo cru; 5. Apagador de madeira; 6. Garrafa de óleo; 7. Pedra; 8. Carvão de churrasco; 9. Borracha escolar; 10. Tesoura Escolar; 11. Chinelo de borracha; 12. Melancia; 13. Canetas esferográficas de plástico.

6. No artigo “The evolution of speed in athletics: Why the fastest runners are black and swimmers white”, os autores afirmam que a densidade óssea do corpo dos negros é maior que a do corpo dos brancos, e através dessa e de outras afirmações, justificam a superioridade dos brancos sobre os negros nos esportes aquáticos (BEJAN; JONES; CHARLES, 2010). Nos jogos olímpicos de Seul em 1988, Anthony Nesty foi o primeiro atleta de natação negro (preto) a conquistar uma medalha de ouro. Além disso, também foi campeão mundial em 1991. Ambas as conquistas na prova dos 100m Borboleta. Nesty nasceu em Trinidad & Tobago, cresceu no Suriname e se tornou nadador de alto nível na Universidade da Califórnia.

Figura 14– Anthony Nesty

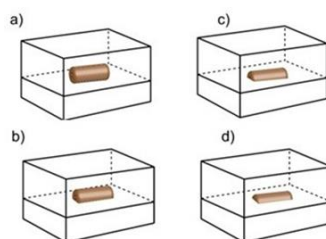


Fonte: <https://swimchannel.net/anthony-nesty-o-primeiro-negro-campeao-olimpico-de-natacao/> – Acessado em 12/11/2019 Foto de Simon Bruty/Getty Images

O caso de Anthony Nesty faz-nos pensar na necessidade de criarmos outras hipóteses para justificarmos a discrepância entre brancos e negros (pretos) na natação e em outros esportes. Elabore um texto curto sobre que hipóteses você criaria para começar um estudo investigativo a respeito deste assunto e baseado nos seus conhecimentos de hidrostática, explique como a hipótese a respeito da densidade óssea do homem negro ser maior que a do homem branco influenciou as conclusões acerca dos resultados olímpicos.

7. (UERJ 2005) Uma rolha de cortiça tem a forma de um cilindro circular reto cujo raio mede 2 cm. Num recipiente com água, ela flutua com o eixo do cilindro paralelo à superfície. Sabendo que a massa específica da cortiça é $0,25 \text{ g/cm}^3$ e que a da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$, a correta representação da rolha no recipiente está indicada em:

Figura 15– Questão UERJ 2005



Fonte: http://www.vestibular.dsea.uerj.br/portal_vestibular_uerj/arquivos/arquivos2005/2005eq_2de3.pdf -
Acessado em 18/09/2019

8. Os dirigíveis são “máquinas” voadoras que se mantêm flutuando no ar através de uma grande quantidade de gás que é mantido em seu interior. Os primeiros dirigíveis usavam o gás hidrogênio. Mais tarde, o hidrogênio foi substituído pelo hélio, por não ser inflamável e, portanto, evitar acidentes como o famoso desastre do Hindenburg, quando um grande dirigível pegou fogo quando se preparava para pousar, deixando 36 mortos.

Figura 16– Desastre do Hindenburg



Fonte: https://www.wikiwand.com/pt/LZ_129_Hindenburg#/Desastre – Acessado em 06/11/2019

Explique como a densidade do gás, no interior do dirigível, influencia na sua navegação.

9. Os balões de ar quente são os primeiros veículos aéreos dos quais temos conhecimento. Sua bolsa de tecido, chamada de envelope, é fabricada com *náilonripstop* (material que detém rasgos) ou de politereftalato de etileno (um poliéster), mas, nos primórdios do balonismo, eram feitos de papel grosso. Eles são cheios com ar quente até atingirem um grande volume. Estima-se que para cada 5000 m³ de ar quente, no interior do balão, ele seja capaz de levantar uma carga de aproximadamente 700 kg

<<https://super.abril.com.br/ideias/como-funciona-um-balao/>>. Acesso em: 06 de nov. de 2019.

Figura 17– Processo de enchimento de um balão de ar quente



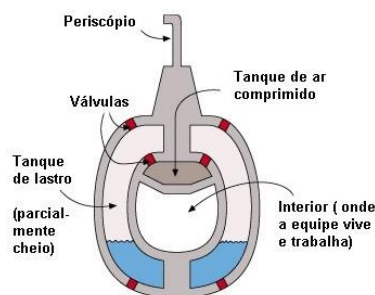
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=n5twL-YwKTc> – Acessado em 06/11/2019

Assinale V(verdadeiro) ou F (Falso) para as grandezas que influenciam na flutuação do balão cuja carga total vale 600 kg.

- () Temperatura do ar no interior do balão
- () Volume do balão
- () Material do qual é feito o envelope
- () Combustível utilizado para aquecer o ar
- () Rapidez com a qual o balão é enchido

10. O funcionamento de um submarino utiliza, de maneira muito clara, o princípio de Arquimedes. Para afundar, a tripulação abre válvulas que permitem que a água entre em seus tanques. Para voltar à superfície, a tripulação utiliza bombas a ar comprimido que expulsam a água dos tanques, conforme a figura 14.

Figura 18– Corte transversal de um submarino



Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/submarino.html> – Acessado em 12/11/2019

Explique, com suas palavras, como a entrada e a saída da água dos tanques influenciam os movimentos de descida e de ascensão do submarino.

APÊNDICE B – AULA 2 – LEITURA E DISCUSSÃO DO TEXTO DIDÁTICO

O Princípio de Arquimedes

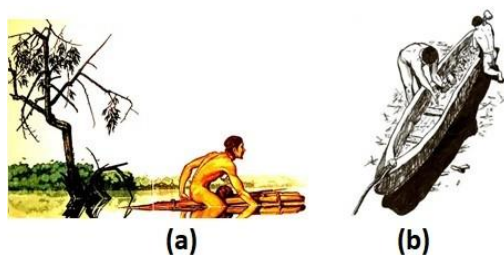
O período Paleolítico ou Idade da Pedra Lascada (anterior a 8000 a.C.) é marcado pelo surgimento dos primeiros hominídeos (há pelo menos 2,5 milhões de anos) e pela invenção de algumas ferramentas simples, como facas e machados, feitos de pedra, de madeira e de ossos de animais e, posteriormente, pelo controle do fogo.

Já no período Neolítico ou Idade da Pedra Polida (de 8000 a.C. até 5000 a.C.), os homens começam a desenvolver atividades agrícolas e pastoris, permitindo um maior controle sobre a natureza e possibilitando que deixassem, gradativamente, de ser nômades para ocuparem algumas regiões de maneira definitiva ou sedentária.

Como a água é um recurso fundamental para a vida, esses grupos organizavam-se sempre às margens dos rios, o que fez surgir a necessidade da comunicação entre as pessoas situadas em suas margens opostas e, dessa forma tornou-se importante obter meios de atravessá-los transportando pessoas, animais e produtos agrícolas.

Inicialmente, os homens utilizavam-se de troncos de árvores para atravessarem as margens do rio e para pescarem e, com o passar do tempo, foram aperfeiçoando suas técnicas de construção de embarcações, tornando o processo cada vez mais sofisticado e eficiente.

Figura 19– (a) Homem flutuando em tronco de árvore (b) Canoa Primitiva



Fonte: <https://www.museumaritime.com.br/single-post/2015/12/12/Os-prim%C3%B3rdios-da-navega%C3%A7%C3%A3o> – Acessado em 12/11/2019

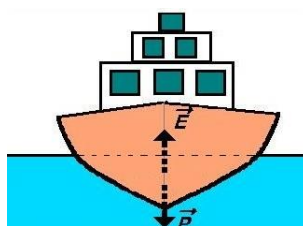
Em paralelo às novas técnicas de navegação desenvolvidas pelos homens, surge a importância da compreensão do fenômeno a fim de se aperfeiçoar os métodos e tornar a navegabilidade cada vez mais segura e capaz de suprir as novas necessidades humanas e de suas sociedades.

A compreensão dos conceitos de densidade e massa específica, por exemplo, pode ser utilizada para entendermos por que uma chave feita de metal afunda na água enquanto um grande navio, cujo casco é construído com o mesmo metal, flutua.

Através do conhecimento das técnicas desenvolvidas pelos seres humanos ao longo de sua história, Arquimedes foi capaz de construir uma teoria que, posteriormente, foi ampliada, dando origem ao que hoje estudamos com o nome de “Princípio de Arquimedes” ou “Empuxo”.

O empuxo é uma força que ocorre sobre corpos imersos em fluidos devido à diferença de pressão em diferentes pontos do corpo. Essa força é vertical e para cima sobre corpos imersos em fluidos em equilíbrio estático. O Princípio de Arquimedes demonstra que o valor do empuxo é igual ao peso da massa de fluido deslocado (ou aparentemente deslocado) e que esse volume é exatamente igual ao volume do corpo imerso no fluido.

Figura 20– Barco flutuando em equilíbrio estático



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/porqueonavioflutua.html> – Acessado em 12/11/2019

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

Onde:

ρ_{fluido} - massa específica do fluido

V_{imerso} - Volume imerso (Volume do barco abaixo da linha tracejada)

g - gravidade

Atualmente, possuímos um grande domínio desses conhecimentos, acumulados ao longo da história da humanidade, e de suas aplicações à nossa vida.

APÊNDICE C – AULA 3 –EXPERIÊNCIAS

C.1 Experiência 1 - Determinação do Empuxo

Objetivos:

Determinar o valor do empuxo sofrido pelos corpos imersos em água doce, em água salgada e em óleo e obter a densidade relativa à água doce dos fluidos.

Materiais: Dinamômetro, corpos de prova com gancho, água, sal, óleo e um recipiente transparente.

Figura 21– Materiais Experimentais

(a) Kit com suporte, dinamômetro e pesos



(b) Peso de Aço imerso em água



Fonte: O autor, 2020.

Procedimento experimental:

1. Usando o dinamômetro, meça o peso do corpo. $P = \quad N$
2. Fixe o corpo ao dinamômetro e faça a imersão do mesmo nos líquidos, preenchendo os quadros 2, 3 e 4, respectivamente.
3. Como você explica os valores obtidos anteriormente para o empuxo?

Quadro 2 – Corpo imerso em água doce

Corpo	Peso (N)	Peso Aparente (N)	Empuxo (N)
Alumínio			

Fonte: O autor, 2020.

Quadro 3 – Corpo imerso em água salgada

Corpo	Peso (N)	Peso Aparente (N)	Empuxo(N)
Alumínio			

Fonte: O autor, 2020.

Quadro 4 – Corpo imerso em óleo

Corpo	Peso (N)	Peso Aparente (N)	Empuxo(N)
Alumínio			

Fonte: O autor, 2020.

4. Com base no conhecimento da equação que determina o valor do empuxo,

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

determine a densidade da água salgada e do óleo com relação à densidade da água doce. Para isso, utilize o valor médio do empuxo obtido em cada caso. Deixe seus cálculos explícitos.

$$\rho_{\text{água salgada}} = \rho_{\text{água}}$$

$$\rho_{\text{óleo}} = \rho_{\text{água}}$$

Coloque as densidades dos líquidos utilizados nos experimentos em ordem crescente.

C.2 Experiência 2 - Determinação do Empuxo

Objetivos:

Determinar o valor do empuxo sofrido pelos corpos imersos em água doce, em água salgada e em óleo e obter a densidade relativa à água doce dos fluidos.

Materiais: Paquímetro, corpos de prova com gancho, água e um recipiente transparente.

Procedimento experimental:

1. Usando o paquímetro meça o diâmetro (d) e a altura (h) dos cilindros para determinar seus volumes (V), utilizando a equação do volume “V” abaixo e determine o valor do empuxo através do princípio de Arquimedes:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h$$

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

Utilize: $\rho_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $\pi = 3,14$

Quadro 5 – Recipiente com água doce

Corpo	Volume do corpo (10^{-6} m^3)	Empuxo (N)
Alumínio		

Fonte: O autor, 2020.

2. Nas experiências 1 e 2, você determinou os valores do empuxo sobre os corpos de prova utilizando métodos diferentes. De acordo com suas observações, o método adotado influencia nos resultados das medidas? Explique.

APÊNDICE D – AULA 4 – AVALIAÇÃO

1. Uma empresa de cosméticos lançou no mercado um óleo trifásico, constituído por 3 óleos imiscíveis e com densidades diferentes, mostrado na figura a seguir.

Figura 22– Óleo Trifásico



Fonte: <https://www.arteblog.net/wp-content/uploads/2011/06/Oleo-tri-fasico.jpg.png> – Acessado em 12/11/2019

Com respeito à densidade “ ρ ” das fases A, B e C representadas, pode-se afirmar:

- a) $\rho_A > \rho_B > \rho_C$
- b) $\rho_B > \rho_A > \rho_C$
- c) $\rho_C > \rho_B > \rho_A$
- d) $\rho_C > \rho_A > \rho_B$

2. Um engenheiro naval, ao inspecionar as condições de navegação de um grande navio, percebe que o nível da água encontra-se, aproximadamente, a 4,8 metros da marcação de calado, enquanto atracado em um porto marítimo, conforme a figura a seguir.

Figura 23– Embarcação com as marcações de calado



Fonte: <http://www.iempa.com.br/services/curso-de-arqueacao-de-navios-draft-survey> – Acessado em 17/11/2019

Esse navio parte em direção a um porto fluvial, situado no Rio Negro, na cidade de Manaus, capital do Amazonas.

Considerando que não haja variação na carga do navio durante toda a viagem, a indicação do nível da água na marcação de calado ao atracar no porto de Manaus será:

- a) maior que 4,8 metros pois a densidade da água doce é maior que a da salgada.
- b) maior que 4,8 metros pois a densidade da água doce é menor que a da salgada.
- c) menor que 4,8 metros pois a densidade da água doce é maior que a da salgada.
- d) menor que 4,8 metros pois a densidade da água doce é menor que a da salgada.

3. (UERJ) Uma barca para transportar automóveis entre as margens de um rio, quando vazia, tem volume igual a 100 m^3 e massa igual a $4,0 \cdot 10^4 \text{ kg}$. Considere que todos os automóveis transportados tenham a mesma massa de $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ e que a densidade da água seja de 1000 kg/m^3 . O número máximo de automóveis que podem ser, simultaneamente, transportados pela barca corresponde a: (Use $g \approx 10 \text{ m/s}^2$)

- a) 10 b) 40 c) 80 d) 120

4. Um tronco de uma árvore flutua nas águas de um rio, com 80% do seu volume imerso. Ao escavar esse tronco, fazendo com que sua parte interna fique oca, conforme mostrado na figura a seguir, o volume imerso torna-se inferior a 40% do volume total do tronco. Explique esse fenômeno, deixando claro que grandeza(s) foi(foram) alterada(s) devido à escavação do tronco.

Figura 24– Pessoas escavando a parte interna do tronco de uma árvore



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Nativos_fabricando_canoa_de_um_s%C3%B3_tronco.pdf –

Acessado em 12/11/2019

5. Com quantas toras se faz uma jangada?

Uma jangada é constituída de diversas toras de madeira amarradas, paralelamente, umas as outras, conforme pode ser observado na figura abaixo.

Figura 25– Jangada primitiva

Fonte: <https://www.jangadashow.com.br/sobre-a-jangada/> – Acessado em 09/11/2019

Podemos considerar que cada uma das toras de madeira que constitui a jangada possui uma massa média de 30 kg e que a densidade da madeira seja de $0,8 \text{ g/cm}^3$. Quantas toras seriam necessárias, no mínimo, para construir uma jangada com capacidade de suportar, sem afundar, uma carga de 400 kg?

(Use: $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$; $g \approx 10 \text{ m/s}^2$)