



Universidade Federal de Goiás

Regional Catalão - Unidade Acadêmica Especial de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

**A HIDROSTÁTICA ENSINADA ATRAVÉS DE EXPERIMENTAÇÕES EM SALA
DE AULA**

Rivo Lopes de Medeiros

Dissertação apresentada ao Programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), ofertado pelo Polo 02 - UFG da Regional Catalão da Universidade Federal de Goiás (UFG) - Polo de Catalão – GO, em parceria com a Sociedade Brasileira de Física (SBF) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Rita Pereira

Catalão - GO

Agosto de 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

Rivo Lopes de Medeiros

3. Título do trabalho

A HIDROSTÁTICA ENSINADA ATRAVÉS DE EXPERIMENTAÇÕES EM SALA DE AULA

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Rita Pereira, Orientadora**, em 24/11/2020, às 18:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **RIVO LOPES DE MEDEIROS, Discente**, em 25/11/2020, às 17:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1698480** e o código CRC **1D0841ED**.

**A HIDROSTÁTICA ENSINADA ATRAVÉS DE EXPERIMENTAÇÕES EM SALA
DE AULA**

Rivo Lopes de Medeiros

Dissertação apresentada ao Programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), ofertado pelo Polo 02 - Regional Catalão - GO, da Universidade Federal de Goiás (UFG), em parceria com a Sociedade Brasileira de Física (SBF) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Rita Pereira

Aprovada em 11 de agosto de 2020.

Prof.a. Dra. Ana Rita Pereira – MNPEF-UFG (Orientadora)

Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva - Membro Interno da Banca – MNPEF-UFG

Prof. Dr. Jalles Franco Ribeiro da Cunha - Membro Interno da Banca – MNPEF-UFG

Prof.a. Dra. Rosângela Borges Pereira – Membro Externo da Banca – UFMT - Uniaraguaia

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Lopes de Medeiros, Rivo

A hidrostática ensinada através de experimentações em sala de aula [manuscrito] / Rivo Lopes de Medeiros. - 2020.
147 f.

Orientador: Profa. Dra. Ana Rita Pereira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Física e Química, Catalão, Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Catalão, 2020.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui fotografias, gráfico.

1. Ensino de física, hidrostática, experimentação. I. Pereira, Ana Rita, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 3 da sessão de Defesa de Dissertação de **Rivo Lopes de Medeiros**, que confere o título de Mestre em Ensino de Física, na área de concentração em Física na Educação Básica.

Ao/s **onze de setembro de dois mil e vinte**, a partir da(s) **10:15**, por meio de vídeo conferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**A HIDROSTÁTICA ENSINADA ATRAVÉS DE EXPERIMENTAÇÕES EM SALA DE AULA**”. Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Professora Doutora **Ana Rita Pereira (UAEF/UFG/RC)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Rosângela Borges Pereira (UFMT)**, membro titular externo; Professor Doutor **Marcionilio Teles de Oliveira Silva (UAEF/UFG/RC)**, membro titular interno; Professor Doutor **Jalles Franco Ribeiro da Cunha (UAEF/UFG/RC)**. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora **Ana Rita Pereira**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **onze de setembro de dois mil e vinte**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Jalles Franco Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 28/12/2020, às 16:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcionilio Teles De Oliveira Silva, Professor do Magistério Superior**, em 28/12/2020, às 22:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Rita Pereira, Orientadora**, em 30/12/2020, às 16:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROSÂNGELA BORGES PEREIRA, Usuário Externo**, em 04/01/2021, às 18:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1778401** e o código CRC **46EFA6D5**.

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha esposa Elaine Maria Nogueira, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este trabalho.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

À professora Dra. Ana Rita Pereira, por ter sido minha orientadora e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

À CAPES, pela inestimável ajuda financeira, essencial para a conclusão do curso. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 11 |
| 2. Justificativa | 13 |
| 3. Objetivos | 14 |
| 3.1. Objetivo geral | 14 |
| 3.1.2. Objetivos específicos | 14 |
| 4. Referencial teórico | 14 |
| 4.1. A experimentação como estratégia de ensino | 14 |
| 4.2. A experimentação no ensino de física | 17 |
| 4.3. O papel do professor no desenvolvimento da aprendizagem a partir da experimentação em sala de aula | 18 |
| 4.4. A experimentação desde os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) até a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) | 20 |
| 4.5. Teoria da aprendizagem usada no desenvolvimento do produto educacional | 23 |
| 4.6. Contribuição histórica do pensamento pedagógico de John Dewey | 24 |
| 4.7. A contribuição de John Dewey à educação | 25 |
| 4.8. A educação democrática de John Dewey | 29 |
| 5. O desenvolvimento doo produto educacional | 31 |
| 5.1. Um recorte sobre hidrostática | 33 |
| 5.2. Abordagem histórica da hidrostática - principais cientistas | 34 |
| 5.3. Dos conteúdos abordados nesse produto educacional | 36 |
| 5.4. Os conceitos físicos necessários à compreensão dos fenômenos de hidrostática | 39 |
| 5.4.1. Densidade (massa específica) | 40 |
| 5.4.2. Pressão exercida por sólidos e fluidos | 42 |
| 5.4.3. Variação da pressão em um fluido em equilíbrio estático | 43 |
| 5.4.4. O Teorema de Stevin | 45 |
| 5.4.5. O Princípio de Pascal | 46 |
| 5.4.6. A prensa hidráulica | 49 |
| 5.4.7. O Princípio de Arquimedes | 50 |
| 5.4.8. O Princípio de Arquimedes e a flutuação de corpos | 52 |
| 5.4.9. Condições de flutuabilidade de um corpo | 53 |
| 5.4.10. Corpo parcialmente imerso em um líquido | 55 |
| 6. Desenvolvimento do produto educacional | 56 |

| | |
|---|----|
| 6.1. Atividades desenvolvidas | 57 |
| 6.2. Confecção/montagem das maquetes dos experimentos | 58 |
| 6.2.1. Grupo 1: Denso D+ | 58 |
| 6.2.2. Grupo 2: Pressol | 61 |
| 6.2.3. Grupo 3: Liquipress | 65 |
| 6.2.4. Grupo 4: Pascal | 70 |
| 6.2.5. Grupo 5: PH – prensa hidráulica | 73 |
| 6.2.6. Grupo 6: Stevin | 76 |
| 6.2.7. Grupo 7: Princípio de Arquimedes | 78 |
| 6.2.8. Grupo 8: Boia-afunda | 80 |
| 7. Resultados obtidos | 85 |
| 8. Minha avaliação acerca do desenvolvimento do produto educacional | 94 |
| 9. Considerações finais | 94 |
| 10. Referências | 95 |
| 11. Apêndice | 98 |

RESUMO

A HIDROSTÁTICA ENSINADA ATRAVÉS DE EXPERIMENTAÇÕES EM SALA DE AULA

Rivo Lopes de Medeiros

Orientadora: Profa. Dra. Ana Rita Pereira

Verifica-se cotidianamente o crescente desinteresse dos alunos do ensino médio pelas disciplinas de ciências exatas. Essa atitude é oriunda, entre outros fatores, da dificuldade que a maioria dos escolares apresenta ao lidar com conceitos matemáticos fundamentais (proporção, grandezas direta e inversamente proporcionais, funções etc.), cálculos aritméticos elementares (as quatro operações básicas) e leitura e interpretação de textos. Assim, o objetivo dessa proposta é verificar o real impacto que o uso da experimentação em sala de aula produz na aprendizagem significativa dos discentes do ensino médio. Partimos da concepção de que experimentação é uma forma de favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas. Diante disso, propõem-se estratégias de ensino dos conteúdos de hidrostática, usando a experimentação como forma a estimular o interesse dos alunos em conhecer e compreender conteúdos importantes de Física e a participarem das discussões suscitadas em sala de aula sobre a temática. As estratégias adotadas pretendem levar os escolares a perceber que os fenômenos físicos relacionados à hidrostática são conhecidos e amplamente utilizados em situações de seus afazeres diários em maior ou menor escala, muitas vezes sem a percepção de que são conceitos físicos significativos. Assim, buscaremos mostrar-lhes que tanto a compreensão dos conceitos físicos envolvidos em cada fenômeno quanto fazer uso do formalismo matemático, que ambos são importantes e complementares, e que a parte “chata e complicada” (a matemática), é a linguagem utilizada para sintetizar os conceitos estudados. Assim para ensinar os conteúdos de hidrostática desenvolveremos uma sequência didática com atividades que contemplem a ludicidade (atividades que possibilitam momentos de prazer, entrega e integração dos envolvidos) mediante a montagem de experimentos simples e o uso de simulador computacional que mostrem os conceitos/fenômenos, por exemplo: pressão exercida por área de contato entre corpos sólidos, densidade de corpos sólidos e de corpos ocos, prensa hidráulica, teorema de Stevin, princípio de Arquimedes e condições de flutuabilidade dos corpos imerso em fluidos em equilíbrio hidrostático. Os resultados dessas atividades serão experimentados/explicados pelos escolares em uma mostra de ciências escolar interna.

Palavras-chave: ensino de física, hidrostática, ludicidade, experimentação.

ABSTRACT

HYDROSTATICS LEARNED THROUGH CLASSROOM EXPERIMENTS

Rivo Lopes de Medeiros

Advisor: Profa. Dr. Ana Rita Pereira

There is a growing daily lack of interest among high school students in the exact sciences subjects. This attitude stems, among other factors, from the difficulty most students have in dealing with fundamental mathematical concepts (proportion, directly and inversely proportional quantities, functions etc.), elementary arithmetic calculations (the four basic operations), and reading and interpretation of texts. Thus, the purpose of this proposal is to verify the real impact that the use of classroom experimentation has on the significant learning of high school students. We start from the conception that experimentation is a way of favoring the establishment of a link between the world of objects, the world of concepts, laws and theories and that of symbolic languages. Given this, we propose strategies for teaching hydrostatic content, using experimentation as a way to stimulate students' interest in knowing and understanding important physics content and to participate in classroom discussions on the subject. The strategies adopted aim to make the students realize that the physical phenomena related to hydrostatics are known and widely used in situations of their daily tasks on a larger or smaller scale, often without the perception that they are significant physical concepts. Thus, we will try to show them that both the understanding of the physical concepts involved in each phenomenon and the use of mathematical formalism, which are both important and complementary, and that the "boring and complicated" part (the mathematics), is the language used for synthesize the concepts studied. So to teach hydrostatic contents we will develop a didactic sequence with activities that contemplate playfulness (activities that enable moments of pleasure, delivery and integration of those involved) by setting up simple experiments and using a computer simulator that show the concepts/ phenomena, for example: pressure exerted by contact area between solid bodies, density of solid bodies and hollow bodies, hydraulic press, Stevin Theorem, Archimedes Principle; buoyancy conditions of bodies immersed in hydrostatic equilibrium fluids. The results of these activities will be experienced/explained by the students in an internal school science show.

Keywords: physics teaching, hydrostatic, playfulness, experimentation.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos atualmente em uma sociedade dinâmica e consumista, do “imediatismo”, do “tudo pronto e acabado” e ao “alcance das mãos”, e que segundo Valadares (2005), estamos numa sociedade de consumo que fornece as coisas prontas e aliado à esse consumismo tem as facilidades do uso da internet, considerada por muitos “a fonte de consulta e de solução de todos os problemas” que surgem no nosso cotidiano, trazendo uma avalanche de informações em tempo real, possibilitando à sociedade moderna acesso global a inúmeras informações e produtos, muitas vezes sem qualquer embasamento científico. Tudo isso faz com que a alfabetização científica seja cada vez mais importante, pois o acesso ilimitado a tantas informações e produtos torna bastante difícil, senão impossível às pessoas uma análise criteriosa daquilo que é relevante em termos de conhecimento, daquilo que é meramente uma informação sem importância ou daquilo que é “fake news”, devido à rapidez com que um “conhecimento” ou informação são substituídos por outras nessa rede dinâmica. Segundo Bondía (2002), a descuidada semelhança entre “informação”, “conhecimento” e “aprendizagem” leva a uma equivocada caracterização da sociedade: “[...] aprender não significa adquirir e processar informação”; “[...] a informação não faz outra coisa que cancelar nossas possibilidades de experiência” (BONDÍA, 2002, p.22).

A fragmentação do conhecimento em disciplinas com um grande volume de informações nos currículos escolares, desconectados do cotidiano, contribui para afastar ainda mais o pensamento crítico das escolas. Em relação à Física, é perceptível que a maioria dos estudantes da Educação Básica e até mesmo no Ensino Superior, tem grande dificuldade de relacionar os fenômenos físicos observados e vivenciados no seu cotidiano com aquilo que lhe é ensinado em sala de aula. Assim, a percepção e aprendizagem do conteúdo ficam comprometidas, pois o processo de ensino-aprendizagem torna-se fragmentado, haja vista a necessidade de se fazer inferências e analogias para a abstração e posterior compreensão de teorias científicas.

De acordo com Serafim (2001) o aluno que não reconhece o conhecimento científico em situações cotidianas não consegue compreender o significado da teoria relacionada a essa situação. Segundo Freire (1997), para compreender a teoria é preciso “experienciá-la”. Portanto é importante que o aluno estabeleça a dinâmica e a indissociável relação entre teoria e prática. Em particular no Ensino de Física, uma ferramenta pedagógica útil que pode ser utilizada é a realização de experimentos que demonstre os variados fenômenos físicos e a sua relação com o cotidiano.

Em relação ao processo de ensino-aprendizagem da Física existe ainda o desafio de tornar o ensino atraente, instigante e prazeroso, buscando despertar no aluno o gosto pela educação

científica. Segundo Bondía (2002), pensar é dar sentido ao que somos e àquilo que nos acontece. Isto somente se torna possível quando o aluno compreende a realidade que o cerca através do conhecimento científico incorporado como uma prática do seu cotidiano.

Considerando tudo isso, propomos um produto educacional que utiliza o lúdico com a finalidade de discutir e ensinar conceitos de hidrostática, que são amplamente utilizados tanto em situações do cotidiano (que vão desde o simples ato de abrir uma lata de conservas embalada a vácuo ou usar um tubo de creme dental) quanto em diversos equipamentos e aparelhos (navegação, aviação, guindastes). A ênfase do produto recai no estudo e aplicações de conceitos da hidrostática, tais como densidade, pressão, prensa hidráulica, teorema de Stevin e os princípios de Pascal e Arquimedes.

A ludicidade do conteúdo é garantida através da realização de experimentos, onde os alunos divididos em oito grupos com dez elementos, construirão maquetes funcionais de máquinas e/ou equipamentos que utilizem conceitos de hidrostática, como sistema de acionamento/funcionamento, e que apresentem os resultados matemáticos obtidos das experimentações com seus aparatos tecnológicos em uma mostra de ciências, onde poderão compartilhar com a comunidade escolar os conhecimentos assimilados.

As propostas de experimentos de hidrostática apresentadas neste produto educacional são de fácil construção, feitas com materiais de baixo custo e disponibilidade no mercado. Cada experimento será desenvolvido por um grupo de alunos, que os apresentarão aos demais colegas na forma de um seminário e depois à toda a escola numa mostra científica.

O produto educacional foi testado com alunos de 4 salas de aula de 2º ano do ensino médio (faixa etária de 15/16 anos). Esses escolares fazem parte da geração de nativos digitais e estão inseridos no mundo digital desde a mais tenra idade e a maioria deles não se interessa e/ou não tem destreza manual para construir e/ou montar maquetes/máquinas simples. Mas foram instigados/provocados a realizar as atividades e terem uma percepção diferente do fazer e aprender ciência.

Esse trabalho foi estruturado da seguinte forma: o capítulo 2, apresentamos uma breve justificativa para a temática abordada e justificamos o problema que surgiu após discussões e reflexões; no capítulo 3, são apresentados os objetivos que nortearam todo o percurso do desenvolvimento do trabalho; no capítulo 4, será apresentado um resumo dos fundamentos teóricos que embasam o desenvolvimento da pesquisa. Discorreremos inicialmente como o ensino baseado em experimentação evoluiu historicamente desde o início do século XX até os dias atuais. Nesse contexto, apresentamos quais são as bases teóricas que subsidiam o ensino por experimentação, enfatizando a filosofia e pedagogia de John Dewey; no capítulo 5, será

mostrado a metodologia adotada na construção desse trabalho; o capítulo 6 aborda o desenvolvimento e aplicação do produto educacional na unidade escolar. E no capítulo 7 faremos as considerações finais sobre o trabalho realizado e serão apontadas algumas perspectivas futuras sobre o projeto desenvolvido.

2. JUSTIFICATIVA

A escolha da metodologia de ensinar hidrostática através de experimentação se justifica por sua evolução histórica que demonstra um avanço em relação às concepções mais tradicionais de ensino de física em virtude de suas bases teóricas empírico-construtivistas que privilegiam a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, seus princípios teórico-metodológicos que ressaltam o papel mediador do professor e a ênfase na problematização dos conteúdos que caracteriza uma sequência de ensino experimentalista.

A perspectiva de ensinar física através de experimentação em sala surgiu da percepção, enquanto professor, da pouca aprendizagem demonstrada pelos discentes frente o método de ensino tradicional vigente e da frustração advinda, tanto de professores quanto de alunos, com o baixo rendimento nas avaliações institucionais internas e externas. Que posturas didático-pedagógicas são necessárias para a implementação do ensino por experimentação em sala de aula e que contribuições essa metodologia de ensino-aprendizagem pode proporcionar para a aprendizagem de conceitos físicos relevantes?

Em colóquios/reuniões com professores, de instituições diversas, atuantes em áreas afins da ciência é consenso que um ensino mais contextualizado, com atividades mais instigantes, lúdicas e motivadoras, contribui efetivamente para potencializar a aprendizagem de conceitos físicos pelos alunos e sua aplicação em situações reais observadas tanto no próprio ambiente escolar quanto fora dele. Entretanto, a implantação e aplicação efetivas desse ensino inovador ainda se encontram distanciados da realidade da maioria das escolas brasileiras. Uma infinidade de dificuldades na implementação dessas novas abordagens metodológicas favorece a permanência da prática de ensino tradicional. O que se espera ao testar essa metodologia de ensino-aprendizagem é que ela proporcione aportes teóricos e metodológicos que possam subsidiar a adoção de uma postura didático-pedagógica que vise a superação do ensino mecanicista e contribua para que outros professores se sintam encorajados a experimentar abordagens de ensino mais desafiadoras.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Implementar uma sequência didática de ensino-aprendizagem voltada para a experimentação de fenômenos em sala de aula, com vistas a colher informações que possam apontar as potencialidades e contribuições dessa metodologia de ensino para a formação de conceitos físicos relevantes relacionados à Hidrostática.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Enfatizar a importância de um ensino de física contextualizado, que contribua para a percepção, por parte dos estudantes, do papel social da ciência e das suas aplicações tecnológicas.
- Caracterizar a sequência de ensino investigativo focado em experimentação, destacando as etapas do seu processo de implementação em sala de aula;
- Destacar a dimensão formativa da elaboração e implementação da sequência de ensino por experimentação, enquanto processo indutor da reflexão e ressignificação da prática docente.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. A EXPERIMENTAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO

A realização de experimentos em sala de aula tem sido uma importante ferramenta pedagógica no ensino de ciências. Ao utilizá-la o professor consegue estimular os alunos a serem mais interessados e participativos. É por meio da experimentação que a ciência encanta.

Na vida escolar o contato com objetos, situações materiais, relações diretas com a natureza e com produtos tecnológicos, constituem um aspecto essencial como forma de mediação na composição do currículo escolar. Entendida dessa forma a atividade experimental visa aplicar a teoria na resolução de problemas e dar significado à aprendizagem da ciência, constituindo-se como uma verdadeira atividade teórico-experimental (ZANON e FREITAS, 2007).

Ao longo do desenvolvimento das teorias associadas à Psicologia e à Filosofia aplicadas no contexto da educação diversos pensadores se debruçaram sobre importância da experimentação enquanto atividade de ensino/aprendizagem. De acordo com Manacorda (2001), há mais de 300 anos, John Locke (1632-1704) apontou a necessidade do uso de atividades práticas pelos estudantes. O reconhecimento da importância das atividades práticas na educação das crianças também pode ser encontrado em Rousseau (1712-1778), Pestalozzi (1746-1827), Montessori (1870-1952), Dewey (1859-1952) e outros. As atividades práticas são vistas por estes em

diferentes enfoques, ora tomadas como suportes para o desenvolvimento dos conhecimentos da criança, ora tomadas como indutoras de conhecimentos existentes.

Segundo Silva e Filho (2010), a abordagem de um conteúdo de ciências por meio de experimentação passou a ser um método de ensino e um recurso de aprendizagem bastante eficaz no século XX. Eles afirmam que, diante da possibilidade de observar os fenômenos, testar hipóteses, comprovar as teorias que os envolvem e testar matematicamente leis e princípios matemáticos, há uma maior probabilidade de que o aluno consiga compreendê-los mais facilmente do que do modo de aula convencional dialógica (quadro, pincel e livro didático). Ao fazê-lo desse modo, o aluno está utilizando o método dedutivo de análise de fenômenos naturais introduzido nas ciências por Galileu Galilei no século XVII e, conseqüentemente, despertando seu interesse pelo tema. Para Gaspar e Monteiro (2005), é através de experimentos que as ciências encantam e aguçam a curiosidade das pessoas.

Porém, realizar atividades experimentais em sala de aula não é tarefa fácil. Requer do professor tempo para planejamento, elaboração e montagem dos experimentos, testes preliminares e sua demonstração aos alunos. Esse tem sido um dos grandes entraves ao uso de experimentos em sala de aula pela maioria dos docentes. Aliado ao fato de que muitos docentes não são licenciados em Física, tais obstáculos fazem com que o docente não se sinta confiante e seguro o suficiente para incorporar essa estratégia de ensino com uma frequência regular. A abordagem dos conteúdos pode ser exposta antes ou após a montagem dos experimentos, isso depende de como o professor trabalha a disciplina (WESENDONK e PRADO, 2015). Mesmo que a proposta seja que os alunos construam seus próprios aparatos de experimentação, é de suma importância que o professor seja o coordenador/orientador das atividades propostas e conheça de antemão as possíveis falhas que poderão advir dos experimentos, de modo que possa instigá-los a formularem e testarem hipóteses, inclusive sobre os porquês das falhas que tenha ocorrido. Ainda, anteriormente à realização dos experimentos, o professor deve orientá-los sobre a probabilidade da ocorrência falhas, uma variável importante a ser considerada em qualquer atividade experimental, da qual poderão extrair informações relevantes sobre as leis e princípios que regem o fenômeno em análise.

É comum se ouvir em sala de aula após solicitar a resolução de alguma atividade avaliativa extraclasse frases como “pesquise na internet” ou “no Youtube você acha”. Em décadas anteriores, quando as crianças construam seus próprios brinquedos, uma proposta de atividade manual lúdica como a que está inserida nesse produto educacional despertaria interesse imediato na maioria dos alunos. Para Lévy (1993), estamos na era da tecnologia, onde o uso de computadores e aparelhos eletrônicos de última geração, a facilidade de obter informação na internet

provoca grandes mudanças na sociedade, e são bastante relevantes para serem aplicadas na área da educação, das comunicações e das ciências. O uso de computadores, celulares, jogos etc., em sala de aula despertam mais interesse desses “nativos digitais” do que atividades que requeiram raciocínio e habilidades manuais para lidar com ferramentas simples (alicate, tesoura, pistola de cola quente etc.). O professor orientador tem de levar em conta essa situação, haja vista que ela pode se tornar um grande transtorno durante uma aula experimental e aquilo que foi planejado para ser uma atividade divertida e instrutiva, tornar-se uma algazarra sem proveito algum. Nesse sentido, Gaspar discorre:

Uma atividade experimental realizada isoladamente por um grupo de alunos, por mais desafiadora e motivadora que seja, não terá nenhum significado se não houver alguém do grupo ou com ele interagindo que conheça e possa expor o seu modelo explicativo aos demais. Só quem conhece a fundamentação teórica de uma experiência pode realizá-la de forma significativa e fazer com que ela possa promover a aquisição do conhecimento para a qual foi proposta e apresentada. (GASPAR, 1997, p.11).

Para evitar isso, uma alternativa é usar o desenvolvimento de projetos, conduzidos por grupos de alunos com a supervisão de professores, o que pode dar oportunidade de utilização dessas e de outras tecnologias, especialmente no ensino médio. Isso, é claro, não ocorre espontaneamente, mas sim como uma das iniciativas integrantes do projeto pedagógico de cada unidade escolar, projeto que pode mesmo ser estimulado pelas redes educacionais. Certamente que o ensino científico-prático não é suficiente para resolver todos os problemas educacionais, mas pode propiciar uma aproximação do conhecimento científico ensinado em sala de aula com aqueles produzidos pelos cientistas (Alves Filho, 2000).

Trazer para a sala de aula as aplicações de conhecimentos científicos utilizados na construção de máquinas e equipamentos de uso cotidiano pode ser uma forma de despertar nos escolares o interesse em estudar ciências e, conseqüentemente, despertar neles o interesse de entender os princípios de funcionamento e qual/quais fenômenos físicos estão relacionados com seu funcionamento. Não se quer uma geração de jovens que apenas consomem tecnologia, sem entender o que são, como são construídas e como funcionam os diversos equipamentos tecnológicos amplamente utilizados atualmente. Para modificar essa realidade a experimentação tem se mostrado uma estratégia bem eficaz na aprendizagem dos conteúdos da Física.

4.2. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Desde os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, Brasil, 1998), os documentos oficiais que regem a Educação Brasileira estabelecem que o ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, tem como finalidades:

- I. A consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento nos estudos;
- II. A preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamentos posteriores;
- III. O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV. A compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

O uso da experimentação como estratégia de ensino no processo de ensino-aprendizagem da Física pode amenizar as dificuldades que o aluno tem em entender o conteúdo repassado pelo professor, sendo que muitos a consideram uma disciplina de difícil assimilação. Essas dificuldades decorrem, muitas vezes, do abismo existente entre conceitos abstratos e experiências diárias dos alunos (SANTOS e DIAS, 2010).

Nesse sentido há uma abrangente discussão sobre o ensino da física na atualidade, sobre suas necessidades como matéria em sala de aula e sobre as dificuldades de assimilação de conhecimento por parte dos alunos. Segundo Gaspar (1997):

O ensino de Física é certamente uma atividade tão antiga como a própria Física, mas o Ensino de Física, grafado assim, com iniciais maiúsculas, é uma área de pesquisa em educação relativamente recente. Talvez pudéssemos situar seu início em meado do século XIX quando surgiram os primeiros livros didáticos de física, mas não se pode afirmar que esses textos tinham tido alguma fundamentação teórico-pedagógica consciente, o que a rigor só ocorreria um século depois. Estamos completando, portanto, meio século na busca de uma forma eficiente de transpor para a sala de aula o conhecimento construído pela física. É pouco tempo, sem dúvida, e apesar dessa eficiência ainda não ter sido alcançada, há um saldo positivo, sobretudo em relação à produção de material. (GASPAR, 1997, p.1).

Professores de Física e de ciências em geral têm conhecimentos das aplicações imediatas das tecnologias que surgiram com o desenvolvimento das teorias e experimentações em suas áreas de atuação e podem utilizá-las como “gatilhos” para despertar o interesse dos estudantes para o tema abordado em sala de aula. Para Valadares e Moreira (1998):

É necessário resgatar o interesse dos alunos pela Física. Cada um de nós que está ligado de uma forma ou de outra ao ensino de Física sabe que o seu estudo permite uma compreensão básica da natureza, além de desenvolver nos estudantes uma série de habilidades que podem dar vazão à sua criatividade, proporcionando prazer, alegria

e desafios. Sem isso, é impossível tornar a Física uma disciplina interessante e atraente (VALADARES e MOREIRA, 1998, p.360).

Assim, o docente deve tratar a experimentação como um método sustentador para esse contexto, pois é nesse momento que o estudante mostrará interesse pelo que foi proposto na aula. De acordo com Giordan (1999, p.1) “a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas que estão em pauta”.

Numa proposta motivacional, a classe será o agente ativo nas experiências propostas e verá o fenômeno acontecer, o que tornará a aula mais dinâmica e lúdica, despertando o interesse nos discentes. Com isso, gradativamente o professor poderá ir desmistificando o fato de que, para muitos, as aulas dialógicas servem apenas para transmitir o conhecimento a respeito do conteúdo sem uma aplicação prática em situações corriqueiras do cotidiano. As atividades experimentais introduzirão os alunos verdadeiramente no mundo da ciência, possibilitando-lhes um maior contato com os fenômenos físicos e com os materiais usados nos experimentos no momento da sua execução.

Segundo Valadares e Moreira (1998, p.360) “o estudante passa a ter uma motivação a mais, já que ele passa a ver o mundo com outros olhos”. Isso ocorre porque, ao desviar-se do ensino tradicional, ele será induzido a novos questionamentos, inclusive relacionando-os e confrontando-os com os seus conhecimentos prévios sobre o tema proposto, podendo vivenciar a ciência e sanar suas possíveis dúvidas.

Nesse sentido, Moreira e Masini (1982) acrescentam que, a aprendizagem mostra-se mais significativa por meio de um processo de estímulo, onde ocorre a interação com uma nova informação, e esse conteúdo associado ao conhecimento aprendido pelo aluno, se relaciona e dá significado ao seu conhecimento prévio.

Dessa maneira, acredita-se que o aluno não aprenderá apenas para o momento avaliativo pontual, um teste isolado ou questionário; ele absorverá e assimilará o que foi repassado durante a exposição do professor.

4.3. O PAPEL DO PROFESSOR NO DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM A PARTIR DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

Atualmente tem ocorrido discussões preliminares sobre o novo papel que o professor virá a ter num futuro próximo conduzindo o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. A chegada dos computadores nas escolas, a internet, a educação à distância (EaD) etc., impuseram novos desafios à docência em todos os níveis de ensino, um novo olhar sobre suas

práticas pedagógicas de transmissão de conhecimento a uma geração imersa em uma sociedade altamente tecnológica e tecnicista. O temor inicial de que o professor seria substituído por um computador em curto espaço de tempo não se concretizou. Pelo contrário: o tempo decorrido desde a assimilação dessas “ferramentas pedagógicas” em todos os níveis de ensino se encarregou de mostrar que o professor atualizado e em constante formação ainda é peça essencial nesse processo de transposição didática e como mediador do conhecimento.

Segundo Gaspar (1997, p.87), “Toda a ciência, assim como a física, é uma aquisição do ser humano. Pois são os físicos que detêm em suas mentes as teorias relacionadas aos fenômenos da natureza e, conseqüentemente, os professores de física também são portadores desses ensinamentos, devido seus estudos na área”. Dessa forma, se torna fácil para o aluno a possibilidade de aprender física tendo o professor como agente mediador, que faça a ponte do conhecimento entre ele e a natureza. A premissa é válida para as outras disciplinas do currículo escolar.

Dessa maneira, considerando o papel fundamental da experimentação no processo de ensino, deve-se destacar o desempenho do educador quanto detentor do conhecimento e seu bom relacionamento com o educando, pois isso irá facilitar a transmissão e recepção desse conhecimento. A partir da inserção do experimento nas aulas, a interação entre aluno e professor aumenta, reforçando as aulas teóricas ministradas pelos professores. Sendo o educador a principal peça da finalidade pedagógica, ele encaminhará os experimentos em sala de aula, facilitando a aprendizagem.

Nesse contexto, é o instrutor/professor quem propiciará significado ao experimento apresentado durante a aula por ser conhecedor da fundamentação teórica na qual se baseia determinada experiência. Isso vai de encontro ao do que diz Vygotsky “o conhecimento é transferido daqueles que o detêm para aqueles que devem ou querem adquiri-lo por meio da linguagem” (VYGOSTSKY, apud GASPAR, 1997, p. 9).

De modo análogo, Fino (2001) discorre sobre a teoria de Vygotsky, ressaltando a interação social como meio para atingir o desenvolvimento do uso das ferramentas intelectuais; assim, o indivíduo alcançará o conhecimento no processo de ensino e aprendizagem a partir de sua interação com outros mais experientes no uso dessas ferramentas. Ainda de acordo com Gaspar:

Não é o desenvolvimento cognitivo que possibilita a aprendizagem, mas é o processo de ensinar e o esforço de aprender que promovem o desenvolvimento cognitivo. Para Vygotsky, a ferramenta cognitiva básica desse processo é a imitação, e esta tem como corolário a presença indispensável do parceiro mais capaz. A imitação, se concebida

no sentido amplo, é a forma principal em que se realiza a influência da aprendizagem sobre o desenvolvimento. A aprendizagem da fala, a aprendizagem na escola se organiza amplamente com base na imitação (GASPAR, 1997, p.10).

Conclui-se, portanto, que na escola o escolar não aprende o que sabe fazer sozinho, mas sim em colaboração e sobre a orientação do professor, que o ajuda a absorver o que ainda não sabe e lhe vem a ser acessível.

4.4. A EXPERIMENTAÇÃO DESDE OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCN'S) ATÉ A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)

“A experimentação é um tópico abordado nos PCNs de Ciências, e essas atividades práticas são consideradas relevantes para os objetivos propostos pelos PCNs de Ciências Naturais, pois indicam a experimentação como um procedimento que permite a investigação e o debate dos acontecimentos, além de estabelecer a relação entre os fatos e fenômenos. Dessa maneira, é considerada uma estratégia para o uso didático, promotora de informação e de conhecimento, que proporciona ao aluno a fuga da inalterabilidade das aulas tradicionais.” (BRASIL, 1998).

É muito importante que as atividades não se limitem a nomeações e manipulações de vidrarias e reagentes ou de kits experimentais prontos, fora do contexto experimental. 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 (BRASIL, 1998, p.122).

Assim a experimentação não deve ser utilizada pelo educador apenas como demonstração, cujos métodos seguem uma orientação protocolar, enquanto os estudantes são convidados a observar os resultados mostrados por ele. Frequentemente, o experimento é trabalhado como uma atividade em que o professor, acompanhando um protocolo ou guia de experimento, procede à demonstração de um fenômeno; por exemplo, demonstra que a mistura de vinagre e bicarbonato de sódio produz uma reação química, verificada pelo surgimento de gás (BRASIL, 1998, p.122).

Outro ponto importante mencionado pelos PCNs no contexto da utilização da experimentação consiste na necessidade de haver a discussão sobre a experiência realizada, onde a troca de ideias será fundamental para a consolidação do conhecimento no aluno. Assim, permitindo que eles criem as suas percepções acerca do assunto e apreciem as dos demais,

propiciando a incorporação do tema à sua estrutura cognitiva.

A discussão dos resultados de experimentação é sempre um momento importante. A ideia de experimento que dá “certo” ou “errado” deve ser compreendida dentro dos referenciais que foram especificamente adotados. Quando os resultados diferem do esperado, estabelecido pelo protocolo ou pela suposição do estudante, deve-se investigar a atuação de alguma variável, de algum aspecto ou fator que não foi considerado em princípio, ou que surgiu aleatoriamente, ao acaso (BRASIL, 1998).

Propiciar à sua sociedade uma aprendizagem de qualidade é uma meta que o país deve perseguir incansavelmente, e a BNCC é uma peça central nessa direção, em especial para o Ensino Médio no qual os índices de aprendizagem, repetência e abandono são bastante preocupantes.

Documento de caráter normativo, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento e formação humana integral, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE).

Na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos. De acordo com a BNCC,

a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (BNCC, p. 550, 2018)

Porém, para os escolares adquiram essas competências e habilidades é necessário que eles tenham tido nas etapas anteriores um letramento científico adequado, haja vista que ter o domínio da linguagem científica e das nomenclaturas de cada área das ciências ser um pré-requisito essencial para a compreensão dos fenômenos estudados. Sobre essas necessidades a

BNCC enfatiza:

Diante da diversidade dos usos e da divulgação do conhecimento científico e tecnológico na sociedade contemporânea, torna-se fundamental a apropriação, por parte dos estudantes, de linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico necessário a todo cidadão. O Ensino Médio deve, portanto, promover a compreensão e a apropriação desse modo de “se expressar” próprio das Ciências da Natureza pelos estudantes. Isso significa, por exemplo, garantir: o uso pertinente da terminologia científica de processos e conceitos (como dissolução, oxidação, polarização, magnetização, adaptação, sustentabilidade, evolução e outros); a identificação e a utilização de unidades de medida adequadas para diferentes grandezas; ou, ainda, o envolvimento em processos de leitura, comunicação e divulgação do conhecimento científico, fazendo uso de imagens, gráficos, vídeos, notícias, com aplicação ampla das tecnologias da informação e comunicação. Tudo isto é fundamental para que os estudantes possam entender, avaliar, comunicar e divulgar o conhecimento científico, além de lhes permitir uma maior autonomia em discussões, analisando, argumentando e posicionando-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia. (BRASIL, BNCC, p. 552-553, 2018)

Essas competências e habilidades específicas da área podem ser adquiridas por meio do incentivo à leitura e análise de materiais de divulgação científica, à comunicação de resultados de pesquisas, à participação e promoção de debates entre membros da comunidade escolar por meio de seminários, mostras de ciências, entre outros.

Considerando esses pressupostos, e em articulação com as competências gerais da Educação Básica e com as da área de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental, no Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve garantir aos estudantes o desenvolvimento de competências específicas.

Baseando-se nas diretrizes propostas desde os PCN's até a BNCC em relação ao uso de experimentação como uma metodologia de ensino-aprendizagem eficaz, é importante e necessário que os docentes tornem seu uso frequente com vista à verificação de sua real eficácia em propiciar aos escolares uma educação em ciências consistente que os possibilite prosseguir seus estudos em outros níveis de ensino e/ou aplicando os conhecimentos adquiridos e consolidados em ciências em suas áreas de atuação profissional ou em seus afazeres cotidianos. A julgar pela quantidade de artigos e livros publicados sobre o assunto e de relatos de professores da Educação Básica narrando experiências de aulas bem-sucedidas usando essa técnica de ensino-aprendizagem pode-se inferir que há algo de diferente e inovador nela.

4.5. TEORIA DE APRENDIZAGEM USADA NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O presente trabalho ancora-se na teorias de aprendizagem defendidas pela filosofia de educação de John Dewey (1859–1952), principalmente nas obras *Democracia e Educação* (1916) e *Experiência e Educação* (1938), nas quais afirma que um ensino concatenado com as experiências vivenciadas pelo indivíduo dentro e fora da escola é mais eficiente para dar significado imediato aos conteúdos ensinados na sala de aula uma vez que, para essa escola de pensamento, as ideias só têm importância desde que sirvam de instrumento para a resolução de problemas reais. Fica claro que sua visão pedagógica nessas obras defende a ideia de um protagonismo estudantil em prol de um aprendizado que dê significado aos conteúdos aprendidos na escola em situações práticas de seu cotidiano. No campo específico da pedagogia, a teoria de Dewey se inscreve na chamada educação progressiva. Constata-se que um de seus principais objetivos é educar a criança como um todo. O que importa é o crescimento - físico, emocional e intelectual.

“O princípio é que os alunos aprendem melhor realizando tarefas associadas aos conteúdos ensinados. Atividades manuais e criativas ganharam destaque no currículo e as crianças passaram a ser estimuladas a experimentar e pensar por si mesmas. Nesse contexto, a democracia ganha peso, por ser a ordem política que permite o maior desenvolvimento dos indivíduos, no papel de decidir em conjunto o destino do grupo a que pertencem. Dewey defendia a democracia não só no campo institucional, mas também no interior das escolas.” (Revista Nova Escola, <https://novaescola.org.br/conteudo/1711/john-dewey-o-pensador-que-pos-a-pratica-em-foco>)

Nessas propostas pedagógicas, qual seria exatamente o papel do professor e dos livros no desenvolvimento educativo do estudante? Na sua concepção, ao se opor às ideias da escola tradicional, ele entendia que o aprendizado só se dá quando as ideias são partilhadas, sendo isso possível num ambiente onde não há barreiras e há livre expressão do pensamento, e era por isso que Dewey não acreditava na escola tradicional, em que cabia ao aluno receber passivamente os conhecimentos. Essas novas técnicas de ensino concebidas por Dewey concretizaram-se com a criação da Escola Progressista oposta à Tradicional.

4.6. CONTEXTO HISTÓRICO DO PENSAMENTO PEDAGÓGICO DE JOHN DEWEY

John Dewey (1859-1952) é considerado o filósofo norte-americano mais proeminente da primeira metade do século XX. Suas concepções filosóficas aplicadas à educação se contrapunham radicalmente àquelas vigentes e disseminadas à época pela chamada escola tradicionalista. Durante sua extensa carreira como filósofo e pedagogo, Dewey desenvolveu uma filosofia que aplicada como instrumento pedagógico, era capaz de despertar no indivíduo outra forma de enxergar a realidade, para além do seu caráter ideológico, conciliando teoria e prática ao fazer pedagógico de professores e alunos como forma de dar sentido concreto aos conteúdos ensinados na escola. Sua proposta pedagógica teve uma boa aceitação no meio acadêmico e educacional norte-americano, mas também recebeu críticas severas de seus detratores. A repercussão que esse novo paradigma pedagógico causou extrapolou fronteiras geográficas e teve influência em sistemas educacionais de vários países mundo afora, incluindo o Brasil, e repercute ainda hoje.

No pós-guerra, a partir de 1918, Dewey iniciou uma série de viagens a diversos países e o seu pensamento filosófico e pedagógico se difundiu e se afirmou como um dos instrumentos mais eficazes para enfrentar e superar a crise pós-bélica. Em inúmeras viagens, Dewey proferiu palestras em conferências e tomou contato com diferentes ideias e culturas que proporcionaram experiência direta da situação mundial (DEWEY, 1979, p. 11). Dewey tomou como referência o pragmatismo como filosofia de base para o seu pensamento e foi um dos principais representantes da corrente pragmatista inicialmente desenvolvida nos Estados Unidos pelos filósofos Charles Sanders Peirce (1839-1914), Josiah Royce (1855-1916) e William James (1842-1910). Ele também escreveu extensivamente sobre pedagogia, onde é uma referência no campo da educação moderna.

No século XIX as ciências avançaram significativamente, o que sem dúvida fundamentou e caracterizou o pensamento de John Dewey, com destaques para Biologia, onde teve contacto com as teses evolucionistas de Charles Darwin (1809-1882), a Sociologia de Augusto Comte (1798-1857), a Sociologia de Max Weber (1864-1920), Émile Durkheim (1858-1917) e Karl Marx (1818-1883), enfatizando o aspecto social como problema científico e o surgimento da Psicologia com Wilhelm Wundt (1832-1920), e em particular da abordagem funcionalista de William James (1842-1910), surgida nas Universidades de Chicago e Colúmbia. Crítico das

filosofias socioeconômicas tanto do liberalismo quanto do capitalismo, Dewey construiu ideias que de certa forma reformaram o liberalismo assim como capitalismo.

Assim, em vista dos argumentos apresentados, encontramos os três fundamentos significativos para o pensamento de John Dewey a saber: a biologia, a sociologia e a psicologia. A filosofia de Dewey alcançou a originalidade própria tendo como base a conjugação desses três fundamentos.

4.7. A CONTRIBUIÇÃO DE JOHN DEWEY À EDUCAÇÃO

Em primeira análise, educação parece ser um conceito puramente abstrato, inserida no mundo das ideias, mas que, em uma análise mais aprofundada, revela ser um conceito bastante concreto. Para Vygotsky (2001, p. 169), o conceito surge quando uma série de atributos que foram abstraídos (caminho do concreto ao abstrato) se sintetiza novamente e quando a síntese abstrata conseguida desse modo se converte na forma fundamental do pensamento (caminho do abstrato ao concreto), por meio da qual o indivíduo percebe e atribui sentido à realidade que o rodeia. Fica claro que para se poder compreender a concepção da Educação em Dewey, deve-se partir da ideia de que a Educação é um fenômeno (abstrato) criado (concreto) pela sociedade e para a sociedade.

Podemos constatar que para Dewey a Educação e, em especial a sua forma mais concreta a escola, possui uma função de coordenar a vida mental de cada indivíduo nas diversas influências dentro do meio social onde o indivíduo vive. Dewey afirma que a Educação ainda que seja uma função social, é uma necessidade de vida, onde a vida é renovada através da transmissão de um conhecimento de um indivíduo ao outro e isto diferencia o homem dos seres inanimados. Assim, afirma Dewey que

“a mais notável distinção entre os seres vivos e inanimados é que os primeiros se conservam pela renovação. Ao receber uma pancada, a pedra opõe resistência. Se a resistência for maior do que a força da pancada, ela, exteriormente, não apresentará mudança; no caso contrário se partirá em fragmentos menores que ela”. (Dele, 1959, p.1).

A Educação deve fazer com que o indivíduo, após contato com um conhecimento que lhe é estranho até então, sofra uma renovação ou uma transformação na sua forma de pensar e de agir em função de sua nova condição modificada. Para Dewey, a tarefa fundamental da Educação é fazer com que a aprendizagem de todo o conhecimento leve à prática, e assim posto, ele propôs uma Educação, um método que tomasse em conta a experiência de cada indivíduo,

e como seu compartilhamento com outros indivíduos influenciaria o seu aprendizado. A Educação em Dewey é um “processo pelo qual uma cultura é transmitida de geração para geração, acontecendo por meio da comunicação de hábitos, atividades, pensamentos e sentimentos dos membros mais velhos da cultura aos mais novos” (Ozmon; Craver 2004, p. 151). Diante disso, a Educação não deverá se limitar ao ensino escolar e formal, mas também como fazendo parte da própria vida. Assim, o que se deve estudar na escola, as matérias selecionadas do currículo para tal, deveriam levar em conta a vida social de cada indivíduo, suas vivências, experiências e o seu cotidiano, e neste caso, os planos deveriam ser feitos segundo as necessidades do aluno.

Seu método educacional centrado na figura do aluno sofreu críticas severas por parte de pedagogos e filósofos mundo afora. Pitombo citado por Ozmon; Craver (2004), afirma que “acreditar que a criança se eduque sozinha sem o professor, é o mesmo que dizer que ela se educa naturalmente, crescendo espontaneamente, como se fosse uma planta”. Essa crítica surge de interpretações distorcidas da ideia central da proposta educacional de Dewey, haja vista que sua proposta pedagógica progressista criticava os métodos do ensino tradicionalista que, segundo sua concepção filosófica educacional, eram autoritários e centralizados na figura do professor, e não os sujeitos envolvidos no processo educacional.

Frente a esta realidade, Dewey propõe uma mudança de paradigma do pensamento educacional tradicionalista, afirmando de fato que o aluno deve ser educado em conformidade com as necessidades sociais, sempre sob a tutela de um adulto com uma certa experiência, de maneira a minimizar na sociedade os desníveis de educação e a marginalização de indivíduos. Portanto, a educação deve servir para a emancipação e para a transformação social e não voltada exclusivamente para o indivíduo.

A característica principal que se nota ao analisar profundamente o processo de Educação de Dewey é a relação que se estabelece entre a imaturidade e inexperiência da criança e a experiência amadurecida do adulto. Neste processo educacional, Dewey faz uma comparação entre o modelo da Educação Tradicional e a Educação da Escola Nova ou Progressiva. Dewey busca mostrar sob sua concepção pedagógica progressiva, que a Educação Tradicional, ao pressupor o mundo da criança como incerto, vago e destituído de experiências sociais relevantes para o processo de ensino e aprendizagem, deve através do ensino (estudos e lições) substituir a superficialidade desse mundo. O aluno só precisa receber e aceitar o que lhe é exposto, tomando uma atitude de docilidade e submissão. Porém, a Educação da Escola Nova ou Progressista centra todo o processo educativo na criança para o seu crescimento, e que isto determinará a quantidade e a qualidade do que deve ser ensinado e aprendido, e ainda que este ensinado e aprendido é feito consoante a sua situação concreta, em função do que a criança quer aprender

e também de acordo com os seus pré-requisitos (conhecimentos prévios ou espontâneos). Entretanto, ao conciliar estas duas escolas, a Tradicional e a Nova ou Progressista, Dewey propõe o que ele chama de “Reconstrução da Experiência”. Este é o aspecto central do seu conceito de Educação. A criança, ao possuir uma experiência infantil, deve passar por um processo contínuo de reconstrução e serão as matérias e as disciplinas que reconstruirão a sua experiência.

O erro cometido pela Escola Tradicional foi de querer comparar a imaturidade da criança à maturidade do adulto. Porém, o importante é considerar os interesses da criança como impulsos de uma capacidade e potencialidade. Assim, o aluno deve ser proativo, tomar uma atitude de busca e disposição de sempre aprender, possuir um espírito aberto a novas possibilidades, novas observações e novos entendimentos. Isto só é possível quando o professor atua como um mediador do conhecimento, adapta os conteúdos do currículo em função dos seus alunos, incutindo neles que todo o processo de ensino e aprendizagem visa o seu amadurecimento e, para tal, deve-se aproveitar a experiência do outro, para se enriquecer a sua experiência em uma troca mútua e contínua. Os professores, ao planejarem os currículos, devem tomar em conta os pré-requisitos dos alunos, o que eles gostam, o que podem aprender mais e melhor, e não pôr de lado as suas situações sociais e concretas.

A contribuição de Dewey na pedagogia moderna foi de desmistificar a ideia de que existe uma dissociação entre a escola e a vida, o que não existia na realidade do aluno; mostrar que o bom ensino deve estimular a iniciativa, promovendo condição para a produção e exploração de interesse; identificar que solução para o problema em matéria da educação é fornecer um ambiente no qual as atividades educativas se possam desenvolver, a escola deve propiciar um ambiente de oportunidades, sem o qual torna-se difícil entender e apreender o interesse latente do aluno.

Ao analisar a trajetória filosófica de John Dewey, conclui-se que de início ele era um pragmatista hegeliano (Georg Wilhelm Friedrich Hegel – 1770-1831); depois ele passa pelo Positivismo, isto é, “qualquer filosofia que privilegie o conhecimento científico e combate a metafísica” (Clément et al, 1999, p.308), e elaborou uma nova versão do Pragmatismo a que deu o nome de Instrumentalismo.

O método experimental da sua pedagogia baseia-se na educação da habilidade individual, da iniciativa e do espírito de empreendimento em detrimento da aquisição de conhecimentos científicos. O seu modelo pedagógico foi influenciado pela sua teoria filosófica, o Pragmatismo Utilitarista, que era de tendência empírica. O pensamento pedagógico de Dewey surge

devido aos problemas que a Escola Tradicional pautava, sua tendência autoritária, seletiva, elitista e reprodutora das desigualdades sociais. Portanto,

“a finalidade da educação, em Dewey, não era integrar o jovem na sociedade, mas sim, dotá-lo de conhecimentos e competências que permitissem a sua participação na transformação da sociedade. Daí que a Educação Democrática considerasse a pedra de toque do seu modelo” (Marques, 1999, p. 50).

Para o desenvolvimento de seu pensamento pedagógico, Dewey usou estes três princípios norteadores de sua filosofia educacional: o primeiro princípio é o da atividade, segundo o qual o verdadeiro conhecimento é aquele que provém da experiência e, esta requer uma atividade, uma ação. O segundo princípio é o da utilidade, haja vista que a aprendizagem só tem significado quando é útil para a criança, e esta consegue fazer uma aplicação concreta da vida real. O terceiro princípio por ele referenciado é o princípio da união dos meios e dos fins, já que tudo quanto é objetivo útil para o indivíduo deveria estar sempre evidente no currículo escolar. Portanto, currículo deveria ser concebido para responder os problemas cotidianos.

Um dos princípios fundamentais da sua pedagogia é o *Princípio da Democracia*, onde a escola deve promover uma educação para a cidadania, e a democracia só se ensina através do *aprender fazendo*, e isto exige que o aluno participe na tomada de decisões. Assim, “as escolas deviam se organizar como pequenas comunidades democráticas, empenhadas no desenvolvimento de atividades socialmente úteis, capazes de terem um impacto positivo no desenvolvimento dos valores democráticos” (Marques, 1998, p.51).

O princípio científico é o último referenciado por Dewey, posto que se fundamenta como um meio que procura ver todas as inovações da ciência no tempo atual, de modo que se desenvolva a reflexão analítica e o pensamento crítico no processo do progresso humano.

Para Dewey, o currículo deve ser concebido tendo em conta a vida real dos alunos, já que “a vida é um processo que se renova a si mesmo por intermédio da ação sobre o meio ambiente” Dewey (1959, p.1) e, neste caso, a educação tem como intuito integrar os alunos na sociedade, mas não uma integração passiva, mas sim transformadora, inconformista e crítica, isto é, uma Educação em que o aluno é o mentor principal no processo de ensino e aprendizagem, onde este se integre neste processo de modo a transformar a sua vida com a experiência dos outros. Uma Educação onde o aluno critica o que aprende, para poder produzir mais e melhor.

4.8. A EDUCAÇÃO DEMOCRÁTICA EM DEWEY

Para Dewey concretizar o ideal democrático da sociedade, recorreu à Educação como um fenômeno de extrema importância, capaz de proporcionar um espaço democrático para as diferentes classes sociais e através de uma metodologia fundamentada no interesse e na experiência do indivíduo, garantir a perpetuação dos valores liberais básicos, como a liberdade, a solidariedade e a igualdade de oportunidades.

Dewey foi um dos maiores defensores da democracia, na segunda metade do século XIX e primeira metade do século XX, por ter afirmado que é possível conceber uma sociedade melhor, quando esta pautar pela democracia, que é a única forma digna da vida humana e não se pode pensar na democracia sem se pensar na Educação. Dewey, ao falar da democracia relativa à Educação, afirma que uma sociedade

“deve procurar fazer que as oportunidades intelectuais sejam acessíveis a todos os indivíduos, com iguais facilidades para os mesmos (...) assim, a democracia é mais do que uma forma do governo, é uma forma de vida associada, de experiência conjunta e mutuamente comunicada” (Dewey, 1959, p. 93).

De acordo com Dewey, a Educação Democrática é aquela onde a igualdade de oportunidades é um elemento fundamental, isto é, todos os indivíduos presentes no processo de ensino e aprendizagem devem ter a mesma oportunidade de ensino e que não deverá haver diferenças de classes, cada aluno deve se enriquecer com as experiências dos outros, entrando numa relação de ajuda recíproca.

Assim, uma Educação sem essa igualdade de oportunidades baseia-se nos privilégios e, neste caso, não é democrática. A Educação, para Dewey, é um processo de vida onde se faz uma experiência e, ao mesmo tempo, um processo social onde representa não a vida futura, mas a presente e real para a criança. Portanto, a Educação “é um processo de reconstrução e reorganização de experiências pelo qual lhe percebemos mais agudamente o sentido e com isso nos habilitamos a melhor dirigir o curso de nossas experiências futuras” (Dewey, 1959, p. 8).

A Educação Democrática comporta uma dimensão de formar o homem para valores republicanos e democráticos e a formação para a tomada de decisões em todos os níveis. Para se compreender a Educação Democrática em Dewey é indispensável: a formação intelectual e a informação, isto é, desenvolver a capacidade de conhecer em vista a poder escolher. Portanto, para se poder formar o cidadão é preciso informá-lo das vastas áreas de conhecimento, através

da literatura e das artes, em geral; a educação moral também é essencial, aquela ligada a uma didática de valores que não se podem aprender apenas intelectualmente, como também através da consciência ética, que é formada tanto de sentimentos quanto da razão; por fim, é imprescindível a Educação do comportamento, no sentido de enraizar hábitos de tolerância diante do diferente, bem como o aprendizado da cooperação ativa e da subordinação do interesse pessoal ou grupal ao interesse geral, ao bem comum

A Educação Democrática consiste em formar os cidadãos para poderem viver os grandes valores democráticos que abarcam as liberdades civis, os direitos sociais e os da solidariedade planetária. Também consiste na formação em poder participar na vida pública, tanto como cidadão comum ou como governante. Para Dewey, a escola é o principal local onde deverá ser desenvolvida a Educação Democrática, embora sofra atualmente a concorrência de outras instituições: é o caso dos meios de comunicação social, igrejas, cinemas, internet etc.

A Educação tem como finalidade propiciar à criança condições para que resolva por si própria os seus problemas, e não os tradicionais ideais de formar a criança de acordo com modelos prévios, ou mesmo orientá-la para um futuro ainda incerto e distante. Assim, tomando o conceito de experiência como fator central de seus pressupostos, chega-se à conclusão de que a escola não pode ser uma preparação para a vida, mas sim a própria vida.

Segundo Dewey, o ensino e a aprendizagem baseiam-se numa compreensão de que o saber é constituído por conhecimentos e vivências que se entrelaçam de forma dinâmica, distante da previsibilidade das ideias anteriores. Deste modo, os alunos e professores, detentores de experiências próprias, são aproveitadas no processo. O professor, neste caso, tem uma visão sintética que é mais abrangente e clara acerca dos conteúdos, e os alunos uma visão sincrética que é confusa e não muito clara daquilo que aprende, o que torna a experiência um ponto central na formação de conhecimentos, mais do que os conteúdos formais. De acordo com estes fatos, isto levará a uma aprendizagem essencialmente coletiva, assim como é coletiva a produção de conhecimentos. Com estes aspectos e postos em prática, o processo de ensino e aprendizagem irá avante e, portanto, os alunos e o professor se enriquecerão e haverá, neste caso, a interação escolar de poder aprender e também de poder ensinar, mas tudo isto centrado no professor como orientador deste processo de ensino e aprendizagem.

Portanto, uma sociedade assentada em princípios democráticos, permitirá uma escola que privilegie uma relação de liberdade individual compatível com as liberdades coletivas. Neste caso, só a existência de debates de ideias e de interesses, a vivência positiva de conflitos,

estes firmados em princípios democráticos, estimulará a reestruturação das leis e regras que construirão uma escola coerente nos objetivos explícitos e implícitos (Leite, 2001, p. 50).

5. O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Em agosto de 1999 iniciei minha carreira como docente no ensino de Física em vários colégios estaduais na cidade de Itumbiara – Go. Desde as primeiras aulas, percebi o desinteresse que a maioria dos alunos tinha pelos assuntos tratados nas aulas. Notei que essa atitude era oriunda das dificuldades que eles tinham com conceitos matemáticos fundamentais (proporção, grandezas direta e inversamente proporcionais, funções etc.), cálculos aritméticos elementares (as quatro operações básicas) e leitura e interpretação de textos.

Diante disso, busquei formas de ensinar que estimulassem o interesse dos alunos em conhecer e compreender conteúdos importantes de física e a participarem das discussões suscitadas em sala de aula, de modo que os levassem a perceberem quantos fenômenos físicos eles conheciam e que estavam envolvidos em seus afazeres diários. Muitos alunos relataram que não tinham a menor noção de que nessas situações vários conceitos físicos importantes estavam em aplicação.

A realização de experimentos em pequena escala em sala de aula foi a forma que encontrei para conseguir minimamente o que pretendia. Confesso que não foi uma tarefa fácil e que tive mais fracassos que sucessos nas primeiras experimentações. Além desses contratempos iniciais, tive que lidar com a aversão que alguns professores demonstraram diante dessa “nova forma de ensinar”. Por mais de 15 anos incentivei os alunos a participarem das Olimpíadas Brasileira de Física (OBF), de Astronomia (OBA) e, mais recentemente, a de foguetes (OBFOG). Nesta última, o interesse de participar foi sempre crescente ano após ano, haja vista o caráter experimental das atividades a serem desenvolvidas para construir os foguetes com garrafas pet, a base de lançamento, a preparação do “combustível”, a medição do alcance nos lançamentos de cada equipe etc. Uma semana antes da data oficial das olimpíadas, no contraturno, os escolares se empenhavam em melhorar o rendimento de seus aparatos e nos divertíamos muito com os sucessos alcançados e os fracassos retumbantes.

Algo semelhante não acontecia com as outras duas modalidades de olimpíadas. O enfoque mais matemático da OBF e mais teórico da OBA, bastante distanciados dos centros de interesse dos alunos, se encarregaram de desestimulá-los a continuarem participando delas, mesmo para àqueles que se classificavam para as fases seguintes. Outra modalidade de

atividade experimental de bastante procura era as Olimpíadas Brasileira de Robótica (OBR). Nesta, tivemos dois alunos classificadas para a etapa nacional, realizado no Rio de Janeiro – RJ em junho de 2007. Um deles obteve o terceiro lugar com o seu experimento. Nos anos seguintes o interesse foi diminuindo gradativamente em consequência da falta de recursos financeiros das escolas, tanto para ajudar os alunos na aquisição de materiais para montar seus experimentos quanto para custear a viagem de alunos que porventura se classificassem para as fases seguintes.

Entre os anos de 2008 e 2011 organizei excursões anuais à Universidade Federal de Goiás (UFG) em Goiânia-GO para que os alunos da escola em que trabalhava participassem da Escola de Inverno de Física, realizada pelo Instituto de Física dessa instituição durante três dias consecutivos. Desse contato mais íntimo com experimentos mais requintados e com o uso de equipamentos modernos, vários alunos se encantaram ainda mais com a disciplina e se inscreveram para o vestibular 2010 na UFG para o curso de Física. Três desses conseguiram concluir o curso e para minha imensa satisfação, ao me tornar aluno do MNPEF, encontrei-me com um deles concluindo o MNPEF em 2018 no polo da UFG de Catalão.

Ainda hoje em minhas aulas procuro realizar experimentos em microescala com o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelas ciências. Acredito que tenho tido um sucesso razoável com essa metodologia, haja vista não ocorrer em minhas aulas problemas recorrentes de indisciplina.

Gradativamente fui conseguindo despertar nos escolares a curiosidade e o interesse pelas experimentações. Enfatizei inicialmente que o mais importante era observar cuidadosamente como os fenômenos aconteciam, tentar explicá-los embasados em seus conhecimentos espontâneos, tentar compreender os conceitos físicos envolvidos, sem muita preocupação se estavam certos ou não e com cálculos matemáticos. Enfatizei que o erro faz parte da atividade experimental e das ciências como um todo, constituindo-se uma importante fonte de análise dos porquês de o experimento ter dado errado. Tive o cuidado de esclarecer que a parte “chata” (os cálculos matemáticos) para a maioria era uma forma de se provar o conceito estudado. Obtive bons resultados ao aplicar essa metodologia de ensino. Porém, ao longo desses anos não tive o cuidado de fazer registro escritos, fotográficos ou de vídeo dessas atividades.

A minha experiência na sala de aula ao longo desses 20 anos levou-me a propor o desenvolvimento da presente sequência didática como Produto Educacional, parte da minha dissertação de mestrado. E a escolha por assuntos relacionados ao estudo dos fluidos

(hidrostática) deve-se ao fato de esses conceitos estão presentes em várias situações vivenciadas diariamente.

5.1. UM RECORTE SOBRE HIDROSTÁTICA

Segundo Beatriz Alvarenga (2009), o termo hidrostática se refere ao estudo dos fluidos em repouso sob um campo gravitacional constante. As palavras *hidro* e *estática* originam-se do grego e significam, respectivamente, água e corpos rígidos em equilíbrio. Portanto, define-se hidrostática como o estudo de qualquer líquido em equilíbrio e fluido como uma substância que pode escoar facilmente e que muda de forma sob a ação de pequenas forças. Na definição de fluido também se incluem os líquidos e os gases. Os fluidos não têm forma própria. Um líquido apresenta volume definido e é capaz de amoldar sua forma à do recipiente que o contém; já um gás não tem forma nem volume definidos, mas é capaz de adquirir a forma do recipiente que o contém e ocupar todo o volume disponível.

O ramo da Física que estuda o comportamento de substâncias fluidas em condições de repouso (equilíbrio estático) ou de movimento (equilíbrio dinâmico) é denominado de mecânica dos fluidos. Geralmente o estudo da Hidrostática é um dos temas abordados no Ensino Médio, e de importância capital para formação dos alunos, pois se trata de um conteúdo estudado no primeiro ano do Ensino Médio e que está incluso na área da Mecânica dos Fluidos. Os conceitos importantes relacionados à compreensão desse estudo são a densidade e pressão, assim como também se tornam necessários os conhecimentos sobre o Princípio de Stevin, Princípio de Pascal, Princípio de Arquimedes e empuxo.

As áreas de aplicação da mecânica dos fluidos são bastante amplas:

- ação de fluidos sobre superfícies submersas, ex.: barragens, pilares de pontes;
- equilíbrio de corpos flutuantes, ex.: embarcações marítimas e aeronaves;
- ação do vento sobre construções civis;
- estudos de lubrificação;
- transporte de sólidos por via pneumática ou hidráulica, ex.: veículos, elevadores hidráulicos;
- cálculo de instalações hidráulicas, ex.: instalação de recalque;
- cálculo de máquinas hidráulicas, ex.: bombas e turbinas;
- instalações de vapor, ex.: caldeiras;
- ação de fluidos sobre veículos – aerodinâmica.

Diante da constatação da larga utilização de conceitos de hidrostática aplicados em máquinas e equipamentos presentes em nossa sociedade, acreditamos ser de grande importância para a formação plena de nossos escolares que eles os conheçam e saibam utilizá-los para a solução de problemas em afazeres diários.

5.2. ABORDAGEM HISTÓRICA DA HIDROSTÁTICA – PRINCIPAIS CIENTISTAS

A proposta de produto educacional contida nessa dissertação é limitada à experimentação de efeitos de hidrostática que se entrelaçam para formar um corpo de estudos sólido e foi restringida a um número reduzido de conceitos relevantes para o seu entendimento. O mesmo critério também teve de ser adotado com o número de físicos e cientistas mencionados. Assim, daremos destaque somente a esses cientistas e suas descobertas como fontes pesquisadas e informações para a montagem dos experimentos a serem testados pelos escolares.

A humanidade sempre foi fascinada pelos mistérios da natureza, e pode-se dizer que a preocupação em entender os fenômenos naturais nasceu com o próprio homem. A física começa a se estruturar como fonte de conhecimento a partir da necessidade humana de compreender e explicar o mundo natural à sua volta e das tentativas de controlar e reproduzir as forças da natureza em seu benefício. Isso se deu a partir do momento em que a humanidade começou a observar e analisar os fenômenos naturais de modo racional, abandonando explicações místicas ou divinas, e partindo para o uso do método científico para balizar suas conclusões à cerca dos fenômenos da natureza. As primeiras tentativas racionais de explicação da natureza vieram com os gregos antigos. Acredita-se que a física nasceu na Grécia há 2.500 anos (século V antes da era atual). No início de seu desenvolvimento, era considerada como a ciência que se dedicava a estudar todos os fenômenos que ocorriam na natureza. Por esse motivo, durante muitos séculos (até o fim do século XVII) a física era chamada de “filosofia natural”. E ao longo dos séculos vários pensadores e cientistas contribuíram para o entendimento dos conceitos físicos, entre os quais destacamos:

➤ **Arquimedes de Siracusa (287 – 212 a.C.)** - Segundo a história, o físico e matemático grego Arquimedes foi quem iniciou os estudos sobre a hidrostática. Foi um cientista que, indo além da filosofia, buscou utilizar muitas de suas teorias para uso prático, como cita Brennan (2008), em seu livro *Gigantes da Física*:

Arquimedes formulou o princípio da alavanca. Demonstrou com detalhes matemáticos que um pequeno peso a certa distância de um fulcro iria equilibrar um grande peso próximo do fulcro e que os pesos e as distâncias estavam em proporção inversa.

Conta-se que, a propósito do princípio da alavanca, Arquimedes teria dito: “Dê-me um ponto de apoio e posso mover o mundo” (BRENNAN, 2008, p. 15).

O Princípio de Arquimedes pode ser enunciado como “Um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido é sustentado por uma força cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo” (Resnic, Halliday, Walker – Física, v. 2, p. 45, 2007)

Essa força de sustentação que o fluido exerce sobre o corpo imerso nele é chamada de empuxo, de direção vertical e sentido ascendente. Para explicar de forma eficiente o princípio de Arquimedes, os discentes precisam analisar matematicamente o Teorema de Stevin. Tal análise preliminar é necessária para que os escolares compreendam como surge essa força de sustentação.

O princípio de Arquimedes é a base para o entendimento da causa de um corpo boiar ou afundar em um fluido e tem uma vasta aplicação nas indústrias de construção naval e aeronáutica, haja vista que navios e aeronaves se valem dos empuxos exercidos pelos fluidos nos quais estão imersos para se sustentarem neles.

➤ **Simon Stevin (1548 - 1620)** - físico e matemático, viveu grande parte de sua vida na Holanda, onde seus trabalhos sobre a teoria dos números e sobre a pressão nos fluidos tiveram maior significado e relevância, e formalizando o estudo da hidrostática (Sampaio e Calçada, 2005). Deduziu e concluiu experimentalmente a equação que determina o valor da pressão exercida sobre um ponto localizado num fluido, demonstrando que esta pressão, depende apenas da densidade do fluido, da aceleração da gravidade e da altura da coluna do fluido sobre este ponto. O Teorema de Stevin estabelece que:

a pressão hidrostática p exercida no interior de um líquido em equilíbrio é o produto da densidade d do líquido pela profundidade h e pela aceleração da gravidade g (Resnic, Halliday, Walker – Física, v. 2, p. 40, 2007).

O teorema de Stevin é base para o entendimento dos fenômenos associados à variação de pressão em pontos em alturas diferentes no interior de um fluido, vasos comunicantes e funcionamento de prensas hidráulicas.

➤ **Blaise Pascal (1623–1662)** - matemático, físico, inventor, filósofo e teólogo francês, trabalhou diversos conceitos e fenômenos relacionados às ciências naturais e ciências aplicadas. Pascal escreveu textos importantes sobre o método científico. Contribuiu significativamente para o estudo dos fluidos. Na física, Pascal contribuiu no campo da hidrostática desenvolvendo importantes estudos que tiveram como inspiração as descobertas do italiano Evangelista Torricelli

(1608-1647) sobre a pressão atmosférica. Ele esclareceu os conceitos de pressão e vácuo, estendendo o trabalho de Torricelli. Em 1652, Pascal enunciou e provou experimentalmente este princípio:

A pressão aplicada a um fluido enclausurado é transmitida sem atenuação a cada parte do fluido e das paredes do reservatório que o contém (Resnic, Halliday, Walker Física, v. 2, p. 43, 2007).

O Princípio de Pascal é a base para o funcionamento de máquinas e equipamentos, tais como freios veiculares, escavadeiras, tratores, guindastes etc., que utilizam a transmissão de esforços hidráulicos para a movimentação de cargas elevadas ou de sistemas hidráulicos mediante a aplicação de forças de pequenas intensidades.

5.3. DOS CONTEÚDOS ABORDADOS NESTE PRODUTO EDUCACIONAL

Para a elaboração dessa proposta de produto educacional, foram abordados os seguintes assuntos de hidrostática: massa inercial, massa específica, volume, densidade, Teorema de Stevin, Princípio de Pascal e Princípio de Arquimedes, por apresentarem definições e conceitos necessários para a compreensão das propriedades de um fluido. Algumas das grandezas estudadas são definidas a seguir:

- massa específica: é a razão entre a massa de uma quantidade da substância e o seu volume;
- volume: é a quantidade de espaço ocupada por um corpo;
- densidade: consiste na razão entre a massa de um corpo e o seu volume;
- Pressão: intensidade de uma força normal por unidade de área de superfície;
- Teorema de Stevin: a pressão no interior de um fluido incompressível e estático aumenta linearmente com a profundidade;
- Princípio de Pascal: a variação de pressão no interior de fluido incompressível e estático é transmitida igualmente a todos os pontos do fluido;
- Princípio de Arquimedes: um corpo parcial ou totalmente imerso em um fluido incompressível e estático sofre a ação do empuxo dirigida para cima de peso igual ao peso do fluido deslocado.

O desenvolvimento e aplicação dessa proposta de produto educacional foi realizada com um grupo de 80 estudantes do 2º ano do ensino médio do Colégio Estadual Dr. Menezes Júnior, da cidade de Itumbiara – GO, e será dividida em 4 etapas, distribuídas ao longo de 18 aulas de 50 minutos, de acordo com o quadro 1:

Quadro 1 – atividades propostas no produto educacional

| Etapa/duração | Atividades | Objetivos |
|----------------------|---|---|
| 1ª etapa/8 aulas | Seleção dos conteúdos e agrupamento dos escolares em equipes | Os estudantes de 2º ano foram agrupados em equipes de 10 elementos, que se comprometeram a estudar o conteúdo e os conceitos de hidrostática escolhido pelo grupo, explicá-los e demonstrá-los aos demais colegas dos outros grupos mediante experimentos e simulações em computador. |
| 2ª etapa/14 aulas | Elaboração e confecção das maquetes/montagem dos experimentos | No contraturno de aula foram realizadas reuniões semanais para mensurar o avanço dos estudos dos temas, elaboração e montagem dos experimentos e treinamentos das apresentações. Cada equipe teve no mínimo 3 encontros com o professor-orientador para dirimir dúvidas sobre o conteúdo a ser apresentado e correções quanto ao manuseio do experimento e/ou da simulação computacional. Todos os experimentos práticos foram montados com materiais recicláveis de baixo custo e fácil aquisição. |
| 3ª etapa/5 aulas | Apresentação e discussão dos experimentos às outras equipes | Apresentação em formato de seminário dos conteúdos e respectivos experimentos. |
| 4ª etapa/5 aulas | Realização de uma Mostra Científica | Os grupos apresentaram os temas e seus experimentos em uma mostra científica interna. |

Os conceitos/fenômenos de hidrostática experimentados/explicados pelos escolares em uma mostra de ciências escolar interna estão discriminados no quadro 2.

Quadro 2 – Experimentos propostos

| Experimento | Descrição/conteúdo |
|--|--|
| Pressão exercida por área de contato entre corpos sólidos (cama de pregos) | Montagem de uma “cama de pregos”, onde numa base de madeira são distribuídos e fixados pregos em densidades diferentes, que é utilizada para demonstrar a relação entre área de contato (a quantidade de pregos) e a pressão exercida usando balões de borracha inflados prensados sobre eles. Na base com maior densidade de pregos por área verifica-se que os balões não explodirão quando empurrados contra os eles. |
| Teorema de Stevin | Através de experimento utilizando uma garrafa pet com três furos em alturas diferentes na sua lateral, demonstrar que a pressão realizada por um fluido (gases ou líquidos) em um ponto em seu interior depende da sua altura em relação a m ponto de referência. |
| Princípio de Pascal | Demonstrar que o acréscimo de pressão produzido num líquido em equilíbrio transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido e para as paredes do recipiente que o contém. |
| Pressão atmosférica | O objetivo dos experimentos propostos por esse grupo é mostrar que o peso do ar atmosférico exerce uma pressão intensa sobre todos os objetos que estão imersos na atmosfera terrestre e em todas as direções. |
| Densidade de corpos sólidos e de corpos ocos | Mediante o manuseio de 4 objetos sólidos e ocos de formas conhecidas (esfera, cubo, paralelepípedo e cilindro), será demonstrado aos escolares como calcular o volume de cada objeto, a sua densidade, a medida de suas massas, fazendo uso de trenas, calculadoras, dinamômetros etc. |
| Prensa hidráulica | Explicação e demonstração do teorema de Stevin e do princípio de Pascal e suas aplicações em mecanismos de multiplicação de forças de uso cotidiano como as prensas |

| | |
|--|---|
| | hidráulicas usadas em freios de carro, motos, seringas de injeção etc. |
| Princípio de Arquimedes | Explicação e demonstração do princípio de Arquimedes e suas aplicações na construção de embarcações aéreas e marítimas etc. |
| Condições de flutuabilidade dos corpos em imerso em fluidos em equilíbrio hidrostático | Experimento em recipientes com água para demonstrar o aparecimento do empuxo conforme enunciado pelo princípio de Arquimedes. |

Durante a realização dos experimentos os alunos também fizeram uso do simulador eletrônico PhET Interactive Simulations, da Universidade do Colorado – USA, para corroborar os resultados obtidos em suas medições.

5.4. CONCEITOS FÍSICOS NECESSÁRIOS À COMPREENSÃO DOS FENÔMENOS DE HIDROSTÁTICA

A matemática é a linguagem utilizada para sintetizar e descrever as teorias em ciências exatas. Assim, a Matemática tem papel importante na construção do conhecimento físico e devido a isso contribui bastante para as dificuldades enfrentadas pelos alunos na escola em relação a aprendizagem da Física. É comum se atribuir o fracasso na aprendizagem da Física à falta de conhecimento em Matemática. Porém, essa é uma forma incompleta de análise preliminar do problema, “uma vez que existem dificuldades inerentes à própria Física que acabam maquiadas, como os conhecimentos prévios dos alunos, que são difíceis de serem trabalhados pelo professor” (BRASIL, Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2, p. 54, 2006). Além disso, se o aluno não dispõe de determinado instrumental matemático para compreender a Física, ele deverá ser ensinado. Esse problema deve ser resolvido pela escola com a colaboração dos professores das diversas disciplinas e jamais ser considerado como tarefa exclusiva do ensino de Física. De acordo com as orientações curriculares para o ensino médio,

Para a escolha de conteúdo, é importante que se levem em consideração os diferentes propósitos da formação matemática na educação básica. Ao final do ensino médio, espera-se que os alunos saibam usar a Matemática para resolver problemas práticos do cotidiano; para modelar fenômenos em outras áreas do conhecimento;

compreendam que a Matemática é uma ciência com características próprias, que se organiza via teoremas e demonstrações; percebam a Matemática como um conhecimento social e historicamente construído; saibam apreciar a importância da Matemática no desenvolvimento científico e tecnológico (BRASIL, Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias /Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2, p. 69, 2006).

As deficiências significativas apresentadas no aprendizado efetivo de Matemática contribuem significativamente para acentuar as dificuldades que os escolares enfrentam no processo de ensino-aprendizagem de Física. O que se observa rotineiramente nas aulas de física, na maioria das escolas, é a resolução ostensiva de problemas utilizando expressões matemáticas dos princípios físicos, sem argumentos que relacione os fenômenos físicos ao modelo matemático utilizado, dando aos alunos a falsa impressão de que a física se resume a um amontoado de expressões matemáticas sem significado sociológico, histórico e cultural. Isso se deve em parte ao fato já mencionado de que “esses problemas são de tal modo idealizados que podem ser resolvidos com a mera aplicação de fórmulas, bastando ao aluno saber qual expressão usar e substituir os dados presentes no enunciado do problema” (BRASIL, Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2, p. 56, 2006). Essas práticas não asseguram ao aluno um “fazer matemático” por meio de um processo investigativo que o auxilie na apropriação de conhecimento, visto que não promovem a reflexão e a construção do conhecimento. A metodologia de ensino-aprendizagem voltada à experimentação, se bem planejada, aplicada e conduzida, pode ser uma forma de minimizar essas dificuldades.

Para uma compreensão ampla de hidrostática é necessário conhecer alguns conceitos que lhe são fundamentais, dentre eles os conceitos de pressão, densidade, empuxo e o princípio fundamental da hidrostática. Antes, porém, se faz necessário o conhecimento da definição de massa específica e sua relação com conceitos de hidrostática.

5.4.1. DENSIDADE (MASSA ESPECÍFICA)

A massa específica (ρ) de um pequeno elemento de determinado material é definida como a razão entre a massa Δm pelo volume ΔV do elemento considerado, que é expressa matematicamente por:

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

De um modo geral, o conceito de massa específica expressa a densidade de um material, e é empregado quando estão envolvidos corpos homogêneos. Em definição matemática mais rigorosa, temos:

A massa específica em um ponto será o valor-limite desta relação quando o elemento de volume tender a ficar infinitamente pequeno. A massa específica não possui propriedades direcionais e é uma grandeza escalar. (Resnick, Halliday, Walker. Física, v. 2, p. 38, 2007)

A massa específica serve de referência para identificar a substância da qual um objeto é feito. Para cada substância pura conhecida na Terra tem atribuído um valor para essa grandeza, constituindo uma espécie de “carteira de identidade” natural dos elementos, não existindo, portanto, duas substâncias como a mesma massa específica. A tabela 1 mostra a densidade de algumas substâncias.

Tabela 1 – Valor da densidade de alguns materiais

| Densidade de substâncias e misturas | | |
|--|---|-------------------------------------|
| | Substância/Mistura | Densidade (g/cm³) |
| Sólido | Alumínio | 2,70 |
| | Cobre | 8,92 |
| | Diamante | 3,5 |
| | Ferro | 7,87 |
| | Gelo | 0,92 |
| | Grafite | 2,1 a 2,2 |
| | Madeira | 0,40 a 0,80 |
| | Ouro | 19,3 |
| | Prata | 10,5 |
| Líquido | Água do mar | 1,03 |
| | Água pura | 1,00 |
| | Álcool etílico | 0,79 |
| | Azeite | 0,91 a 0,92 |
| | Mercúrio | 13,65 |
| | Petróleo bruto | 0,80 a 0,90 |
| Gasoso | Ar (ao nível do mar e à temperatura ambiente) | 0,0012 |

Fonte da imagem: <https://mybrainsociety.blogspot.com/2014/02/densidade-dos-materiais.html>

Segundo Resnick, Halliday e Walker (2007) “a massa específica será igual a massa do objeto como um todo dividida pelo seu volume quando o objeto for homogêneo, isto é, apresentar a mesma massa específica em todos os seus pontos”. Diante dessa condição, podemos escrever a relação

$$\rho = \frac{m}{V}$$

onde ρ é a massa específica; m é a massa inercial do objeto e V é o volume do objeto.

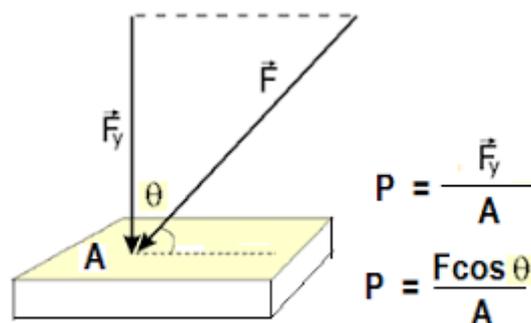
Usando as unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades (S.I) a massa é expressa em quilograma (kg), o volume em metro cúbico (m^3) e a densidade em quilograma por metro cúbico (kg/m^3).

5.4.2. PRESSÃO EXERCIDA POR SÓLIDOS E FLUIDOS

Quando objetos sólidos são postos em contato eles exercem forças entre si obedecendo a 3ª lei de Newton (princípio da ação e reação). Em uma situação idealizada de contato (sólidos de faces planas) em que todos os pontos das faces em contato são coplanares, as forças de ação e reação são perpendiculares a elas e distribuídas uniformemente por todos os seus pontos. Ao analisarmos essa condição de contato surge a indagação: quanto de força está aplicada em cada ponto da área de superfície em contato? Para responder à essa pergunta a Física utiliza o conceito de pressão.

A pressão mecânica é a razão entre a força normal F constante, exercida sobre uma área elementar A , num ponto qualquer, incluindo o ponto e essa área, sendo que “a única componente de força que necessariamente deve ser considerada é a que atua na direção *normal* ou *perpendicular* à superfície” (Resnick, Halliday, Walker, 2007). A figura 1 mostra esse arranjo de forças.

Figura 1 – Esquema representando a pressão aplicada por uma força em corpo sólido



Fonte da imagem: <https://escolaeducacao.com.br>

Uma unidade de medida de pressão é o newton por metro quadrado (N/m^2). Assim, para uma força F constante e normal à superfície de área A , podemos escrever a relação matemática entre as grandezas força e área e determinar a pressão aplicada como segue

$$p = \frac{F}{A}$$

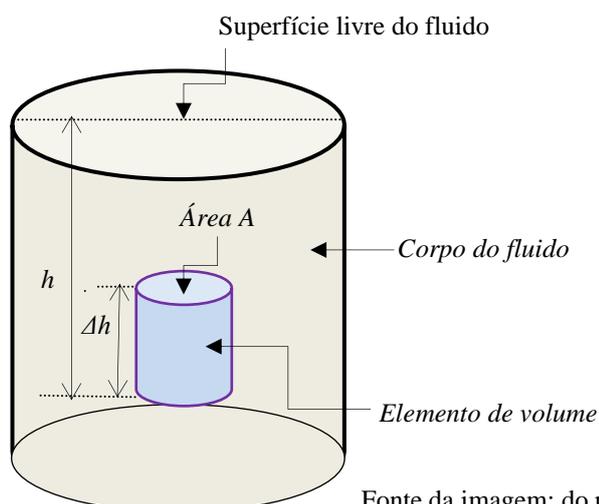
No S.I essa unidade de medida de pressão recebe o nome de *pascal* (símbolo Pa = 1 N/m²). Em situações do cotidiano são usadas outras unidades de medida que não fazem parte do S.I, mas que tornam a leitura, a escrita e a compreensão mais fáceis, como as usadas em cálculos de engenharia, mecânica de veículos, calibração de pneumáticos etc., como por exemplo:

- quilograma-força por metro quadrado (símbolo kgf/m²) e o quilograma-força por centímetro quadrado (símbolo kgf/cm²):
- libra por polegada quadrada (símbolo lb/pol²) ou o correspondente em inglês (psi).

5.4.3. VARIAÇÃO DA PRESSÃO EM UM FLUIDO EM EQUILÍBRIO ESTÁTICO

Para deduzir o Teorema de Stevin a partir dos conceitos apresentados recorreremos a uma abstração da condição de um fluido em equilíbrio estático (em repouso). Suponhamos um fluido homogêneo contido por um recipiente rígido aberto para o ambiente. Se o fluido estiver em equilíbrio estático, cada uma de suas partes também estará em situação análoga. Isso ocorrerá se, e somente se, cada elemento do fluido tiver uma força resultante e um momento resultante atuantes nulos. Considere um elemento de volume desse fluido totalmente imerso no corpo fluido. Precisaremos dar uma forma a esse elemento de volume: suponha que ele tenha o formato de um cilindro regular de bases paralelas de área A e altura Δh , posicionado a uma altura h em relação à superfície livre do fluido, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 – Esquema do elemento de volume no interior de um líquido

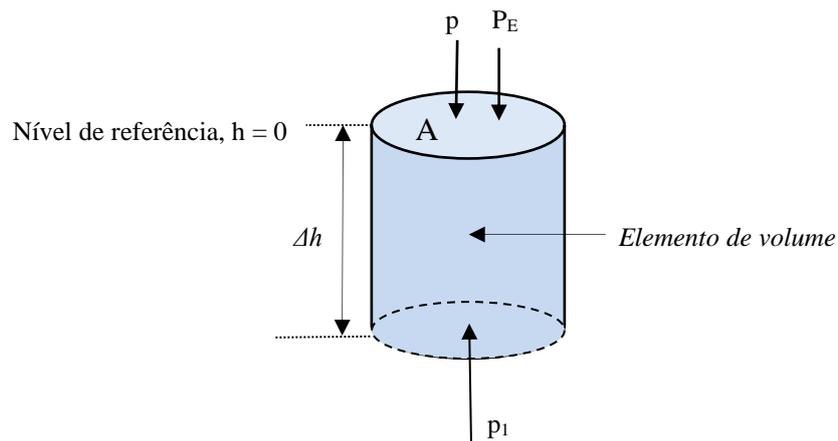


Fonte da imagem: do próprio autor

Em uma condição de equilíbrio estático a resultante das forças atuantes no fluido deve ser nula, ou seja, não há movimento ou aceleração tanto na direção vertical quanto na horizontal. O que nos interessa nesse ponto da análise é identificar quais são as forças verticais que atuam no elemento de volume para chegarmos ao Teorema de Stevin, estabelecendo uma relação matemática entre os conceitos de massa específica, densidade, pressão, volume e força.

Em um diagrama do corpo livre mostrado na figura 3, tomando o elemento de volume como referencial, teremos as seguintes forças atuantes na direção vertical.

Figura 3 – Diagrama do corpo livre



Fonte da imagem: o próprio autor

Onde p_1 é a pressão na base inferior do elemento de volume, p é a pressão na base superior do elemento de volume e P_E é o peso do elemento de volume considerado.

As forças verticais são devidas não apenas à atuação da pressão do fluido nas vizinhanças do elemento, mas também devido ao seu peso. A massa do elemento será $\Delta m = \rho \Delta V = \rho A \Delta h$, e seu peso $P = \Delta mg = \rho A \Delta h g$. Considerando-se que $p_1 = p + \Delta p$ sejam as forças atuantes na superfície inferior do elemento, e $p + P_E$, as forças atuantes na superfície superior, as forças atuantes orientadas para cima na superfície inferior serão $pA + \Delta pA$, e as forças orientadas para baixo na superfície superior serão $pA + \rho A \Delta h g$.

Assim, para atender à condição de equilíbrio na direção vertical tem

$$\sum F_y = pA + \Delta pA - (pA + \rho A \Delta h g) = 0$$

Dividindo-se todos os termos da equação por A , obtemos

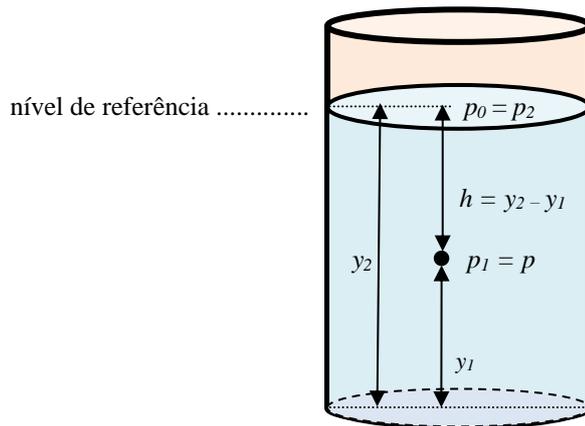
$$\Delta p + \rho \Delta h g = 0 \quad \therefore \quad \frac{\Delta p}{\Delta h} = -\rho g.$$

Esta equação mostra como varia a pressão a partir de um nível de referência. Se Δh aumenta a pressão diminui. A causa dessa variação de pressão é o peso por unidade área da secção transversal das camadas do fluido justaposta entre os pontos onde a diferença de pressão está sendo medida.

5.4.4. O TEOREMA DE STEVIN

Considere um reservatório aberto para a atmosfera e que armazena uma quantidade de líquido homogêneo em repouso, conforme representado na figura 4 a seguir.

Figura 4 – Esquema representando um reservatório aberto



Fonte da imagem: do próprio autor

Escolhendo um ponto arbitrário imerso no corpo do fluido onde queremos medir a pressão, conforme mostra a figura 4, e considerando p_1 como a pressão na posição y_1 , e p_2 a pressão na posição y_2 , a integral da equação $\frac{\Delta p}{\Delta h} = -\rho g$ fornece

$$\int_{p_1}^{p_2} dp = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g dy$$

ou

$$p_2 - p_1 = \rho g \int_{y_1}^{y_2} dy$$

Essa equação é válida para todos os casos em que o líquido seja incompressível e homogêneo, ou seja, ρ é constante, e a diferença entre níveis seja tão pequena que a variação de g não seja significativa a ponto de ser considerada. Desse modo, fazendo-se ρ e g constantes, obtêm-se

$$p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$$

Tomando a superfície livre do líquido como nível de natural de referência e considerando $h = (y_2 - y_1)$, $p_1 = p$ e $p_2 = p_0$, sendo que p_0 é a pressão exercida pela atmosfera em sua superfície. A equação

$$p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$$

poderá ser reescrita como

$$p_0 - p = -\rho g(h)$$

Reordenando as grandezas h e p obtêm-se a equação

$$p = p_0 + \rho gh$$

Esta equação representa o Teorema de Stevin, que significa que “a pressão hidrostática p exercida no interior de um líquido em equilíbrio é o produto da densidade d do líquido pela profundidade h e pela aceleração da gravidade g (Resnic, Halliday, Walker – Física, v. 2, p. 40, 2007)

5.4.5. O PRINCÍPIO DE PASCAL

Blaise Pascal foi um homem de seu tempo em relação aos hábitos, costumes e convenções sociais vigentes à época e local em que viveu, porém com sua devoção às atividades do pensamento, envolvendo a ciência, a filosofia, a religião e as artes, Pascal viveu séculos a frente do seu tempo. De espírito intuitivo, esse versátil cientista ajudou os problemas da sua época, não restringindo seu campo de estudos e análise a uma única área do conhecimento. Pascal foi filósofo, escritor, matemático e físico. Decidido a esclarecer alguns problemas sobre os quais os filósofos e cientistas discutiam há bastante tempo, sem conseguir chegar a resultados concretos, optou por dividir seus esforços em inúmeras frentes de pesquisa e ação.

Segundo o Instituto Blaise Pascal,

Em 1648, Pascal voltou-se para a física, pesquisando a mecânica dos fluídos e esclarecendo os conceitos de pressão e vácuo. Descobriu que a pressão age perpendicularmente às superfícies que limitam o vaso em que o líquido está contido e se transmite a todos os pontos do líquido, aumentando progressivamente com a profundidade. Realizou importantes experiências com a pressão atmosférica, concluindo que esta diminui progressivamente com a altitude. Em 1647 publicou os resultados das suas observações em torno das hipóteses de Torricelli sobre a natureza física do vácuo. (www.institutopascal.org.br – acesso em 08/10/2019).

Posteriormente Pascal condensou em um célebre tratado de hidrostática (*Traité de l'équilibre des liqueurs*) os estudos que realizara, que só foi publicado um ano depois de sua morte

em 1663. Com este trabalho, revolucionou a engenharia mecânica, descrevendo os princípios para a construção da prensa hidráulica, engenho que permite a multiplicação da força aplicada. Em 1652 Pascal estabeleceu pela primeira vez o Princípio de Pascal, mostrando que “em um líquido em repouso ou equilíbrio as variações de pressão transmitem-se igualmente e sem perdas para todos os pontos da massa líquida” (www.institutopascal.org.br – acesso em 08/10/2019).

Em 1889, na 1ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) realizada em Paris - França, foi definido o pascal (Pa) como a unidade de medida de pressão no Sistema Internacional de Unidades (S.I), isso foi uma homenagem a Pascal por suas relevantes contribuições para o desenvolvimento da física.

Uma aplicação deste princípio é encontrada em máquinas hidráulicas que são capazes de "multiplicar forças", tais como a prensa hidráulica e o freio hidráulico. Esse princípio também se aplica a situações mais corriqueiras de nosso dia-a-dia, quando apertamos um recipiente plástico para a retirada de líquidos ou cremes pastosos de seu interior.

A demonstração matemática do Princípio de Pascal tem como ponto de partida o Teorema de Stevin.

$$p = p_0 + \rho gh$$

Diferentemente da condição imposta ao líquido para dedução do Teorema de Stevin (superfície superior exposta à atmosfera), para deduzir o Princípio de Pascal devemos impor a condição de um fluido confinado em um recipiente de paredes flexíveis (um “tubo” de creme dental) ou em um cilindro rígido disposto de um êmbolo móvel (uma seringa de injeção). As duas condições estão mostradas na figura 5.

Figura 5 – Objetos onde o Princípio de Pascal atua

Tubo de creme dental



Seringa de injeção



Fonte da imagem: <https://www.google.com>

Um líquido homogêneo é confinado em um cilindro rígido disposto de um êmbolo móvel. A figura 6 mostra essa condição.

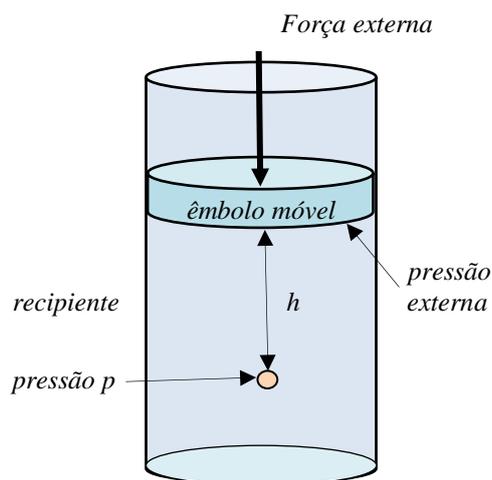
Figura 6 – foto de um líquido confinado em uma seringa de injeção



Fonte da imagem: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/pressao-na-seringa.htm>

Aplicando-se uma força externa sobre o êmbolo móvel da seringa, o líquido é forçado a se amoldar à forma do cilindro. A força externa aplicada no êmbolo gera uma pressão externa p_{ext} transmitida imediatamente ao líquido em contato com ele. O líquido possui densidade ρ e o Teorema de Stevin permite que se expresse a pressão em um ponto arbitrário P a uma profundidade h abaixo da superfície, conforme mostra a figura 7.

Figura 7 – Esquema representando um fluido confinado em um cilindro com êmbolo móvel



Fonte da imagem: do próprio autor

Admitindo-se que o líquido seja incompressível e tenha densidade ρ constante, uma variação de pressão externa Δp acarreta uma variação proporcional na pressão interna Δp do fluido, que pode ser expressa por

$$\Delta p = \Delta p_{ext} + \Delta(\rho gh)$$

Como o líquido é incompressível e sua densidade constante, não ocorre variação dessas grandezas, o que torna o segundo termo da direita da equação $\Delta p = \Delta p_{ext} + \Delta(\rho gh)$ nulo. Assim, obtêm-se

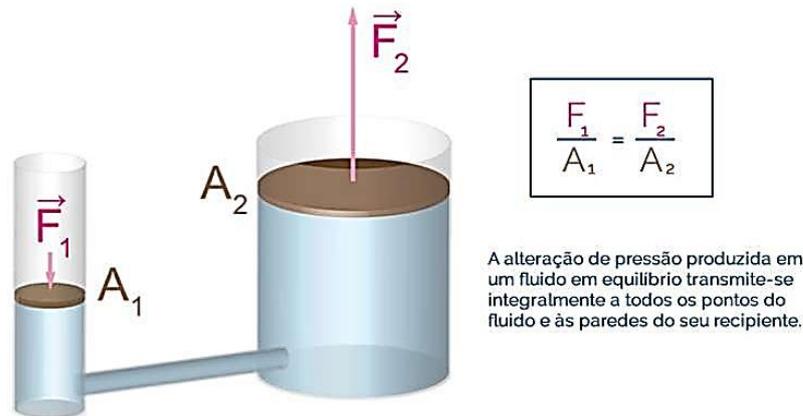
$$\Delta p = \Delta p_{ext}$$

Essa dedução matemática mostra que a variação de pressão interna em qualquer ponto de um fluido é igual ao aumento da pressão aplicada externamente. O Princípio de Pascal se aplica a qualquer fluido (líquidos e gases).

5.4.6. PRENSA HIDRÁULICA

O dispositivo simplificado mostrado na figura 8 é conhecido como prensa hidráulica. Basicamente para um estudo didático, ela é composta por um tubo em forma de U com dois ramos de diâmetros diferentes providos de êmbolos móveis, preenchidos com um líquido viscoso, homogêneo e incompressível.

Figura 8 - Esquema simplificado de uma prensa hidráulica



Fonte da imagem: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/prensa-hidraulica.htm>

O Princípio de Pascal estabelece que “em um líquido em repouso ou equilíbrio as variações de pressão transmitem-se igualmente e sem perdas para todos os pontos da massa líquida” (www.institutopascal.org.br – acesso em 08/10/2019)

Segundo esse princípio, aplicando-se uma força F_1 no êmbolo de área S_1 ocorrerá uma variação de pressão no fluido imediatamente abaixo de sua superfície, a qual é transmitida igualmente para todos os pontos do líquido, para as paredes do recipiente e para a parte inferior do êmbolo 2 em contato com ele. Assim, o fluido exercerá sobre o êmbolo S_2 uma força interna

F_2 orientada para cima, que irá movê-lo na direção vertical. Como a pressão é a mesma em todos os pontos internos do sistema, temos

$$\Delta p_{ext} = \Delta p_{int}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

ou

$$F_1 = S_1 \frac{F_2}{S_2}$$

que expressa a constante de proporcionalidade entre as forças aplicadas por áreas de superfícies dos dois ramos da prensa hidráulica.

5.4.7. O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Conta a lenda que o princípio de Arquimedes teria sido obtido diretamente da experiência, onde Arquimedes estava sendo pressionado à resolver um problema trazido pelo rei de Siracusa, Hiero II, a respeito de uma coroa de ouro encomendada a um ourives, na qual o rei suspeitava que parte do ouro entregue para a confecção da coroa fora substituído por uma porção de prata equivalente. Segundo a estória divulgada pelo arquiteto romano Marco Vitruvius no primeiro século a.C, Arquimedes teria deduzido esse princípio em uma casa de banho enquanto entrava em uma tina totalmente cheia de água. Ele observou que quanto mais seu corpo entrava na água contida na tina mais água vazava para fora dela. Percebendo que isto era o caminho para solucionar o caso da coroa de ouro, a estória conta que ele pulou para fora da tina e, totalmente nu, correu de volta para casa gritando repetidamente para si mesmo em grego “Eureka, eureka”, que significa “encontrei, encontrei”. Com esta observação, Arquimedes teria descoberto como determinar o volume de qualquer objeto, mergulhando-o totalmente na água contida em um recipiente e medindo o volume de água deslocado por ele. Assim, como relata Vitruvius, Arquimedes fez uma peça de prata e outra de ouro de massas iguais à da coroa e, determinando os volumes destes três objetos como descrito e comparando-os entre si, teria comprovado a fraude do ourives. Há dúvidas se à época esse método descrito teria tido precisão suficiente para determinar a diferença entre o volume da coroa e o volume da peça de ouro. Porém, atualmente ele pode ser facilmente verificado por suas considerações teóricas. (Fonte: www.notablebiographies.com)

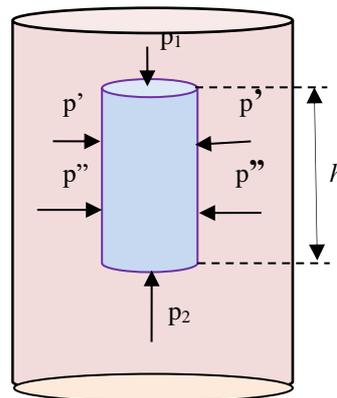
Seu enunciado é o seguinte:

Todo corpo mergulhado num fluido fica submetido a uma força de baixo para cima igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo e cuja direção passa pelo ponto onde se encontrava o centro de gravidade do fluido deslocado. (NUSSENZVEIG, v. 2, p. 21, 1996)

Na época em que Arquimedes viveu (séc. II a.C), os conceitos de pressão e líquido em equilíbrio não estavam definidos. Eles foram estabelecidos somente nos séculos XVI e XVII com os trabalhos de Simon Stevin e Blaise Pascal. Portanto, a verificação teórica mais comum desse princípio é embasada nos estudos relacionados à diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em equilíbrio estabelecidos por esses cientistas.

Consideremos um corpo sólido em forma de um cilindro circular de área da base A e altura h totalmente imerso em um fluido de densidade ρ , em equilíbrio conforme mostrado na figura 9. Por simetria, vemos que as forças sobre a lateral do cilindro se equilibram duas a duas. Entretanto, a pressão p_2 exercida pelo fluido sobre a base inferior do cilindro é maior que a pressão p_1 exercida sobre a base superior.

Figura 9 – Esquema utilizado para verificar o Princípio de Arquimedes



Fonte da imagem: do próprio autor

Pelo fato de que a pressão p_2 ser maior que a pressão p_1 ocorre um desequilíbrio de forças na direção vertical de sentido ascendente. O empuxo E é a força resultante exercida em toda a superfície do corpo pelo fluido que o envolve.

O enunciado do princípio de Arquimedes afirma que o empuxo E aplicado pelo fluido sobre um corpo total ou parcialmente imerso nele, é igual em módulo ao peso do volume do líquido deslocado P_{LD} por ele. Assim, a partir da Lei de Stevin obtém-se a equação do empuxo

$$p_2 - p_1 = P_{LD}$$

$$E = mg$$

$$E = \rho V_{LD} g$$

5.4.8. O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES E A FLUTUAÇÃO DE CORPOS

O princípio de Arquimedes tem uma vasta aplicação nas indústrias de construção naval e aeronáutica, haja vista que navios e aeronaves se valem dos empuxos exercidos pelos fluidos nos quais estão imersos para se sustentarem neles.

Flutuabilidade é a capacidade de um objeto flutuar, ou seja, ser sustentado por um fluido devido a força vertical dirigida para cima que esse fluido aplica sobre ele. Apesar de a forma e o tamanho do corpo influenciarem na flutuabilidade, o peso do objeto e o peso do volume de fluido que ele desloca determinam se um objeto flutua ou afunda no fluido no qual está imerso. Essa força vertical é chamada de empuxo e tem relação direta com essas duas grandezas. A flutuabilidade tem grande influência no design de navios e aeronaves.

A descoberta de como funciona a flutuabilidade de um corpo é creditada a Arquimedes, a partir do evento da coroa de ouro do rei de Siracusa Hiero II, conforme relatado pelo arquiteto romano Vitruvius. Mais tarde, ele determinou que um objeto sob a água pesava menos do que quando estava fora dela. Através destas e outras realizações, ele estabeleceu o que veio a ser conhecido como o Princípio de Arquimedes.

5.4.9. CONDIÇÕES DE FLUTUABILIDADE DE UM CORPO

Para determinar a flutuabilidade de um objeto, tanto a sua massa quanto o seu volume devem ser levados em consideração. Outras grandezas importantes a serem consideradas são as densidades do objeto e do líquido, o peso do objeto e força de sustentação (empuxo) que o líquido aplica no objeto. O fato de um corpo flutuar ou não, vai depender da resultante das forças (R) que atuam no corpo, que é dada por:

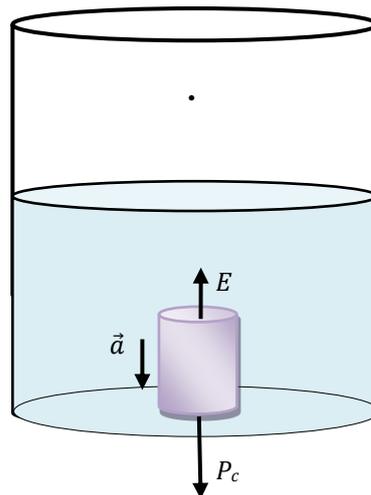
$$\vec{R} = \vec{P}_c + \vec{E}$$

onde: \vec{P}_c é a força peso do corpo e \vec{E} é o empuxo.

Quando um corpo é totalmente imerso em um líquido e abandonado, podemos ter as seguintes situações:

➤ **O corpo afunda no líquido:** o módulo do empuxo é menor que o peso do corpo ($E < P_c$) e ele adquire aceleração para baixo ($\vec{R} = m \cdot \vec{a}$)

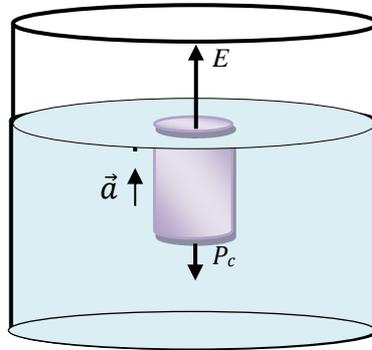
Figura 10 – Esquema representando um corpo que afunda quando totalmente imerso em um fluido



Fonte da imagem: do próprio autor

➤ **O corpo flutua rente à superfície:** o módulo do empuxo é maior que o módulo do peso do corpo ($E > P_c$) e o corpo adquire aceleração para cima ($\vec{R} = m \cdot \vec{a}$).

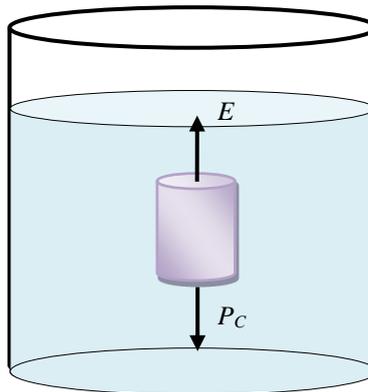
Figura 11 – Esquema representando um corpo totalmente imerso em um fluido flutuando próximo a superfície.



Fonte da imagem: do próprio autor

➤ **O corpo flutua em equilíbrio estático:** o módulo do empuxo é igual ao peso do corpo ($E = P_c$) e a aceleração é nula ($\vec{R} = \mathbf{0}$)

Figura 12 – Esquema representando um corpo totalmente imerso em um fluido flutuando dentro dele.



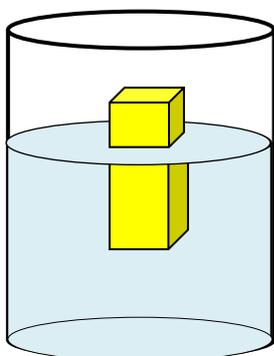
Fonte da imagem: do próprio autor

5.4.10. CORPO PARCIALMENTE IMERSO NO LÍQUIDO

À medida que o corpo fica acima da superfície, a quantidade de líquido que ele desloca diminui gradativamente. Eventualmente, o empuxo que atua na parte submersa do corpo se iguala ao peso do líquido deslocado por essa porção até que o equilíbrio seja atingido e o corpo flutue. Nas situações em que o corpo flutua com uma parte emersa do líquido (figura 13), a razão $\frac{d_c}{d_l}$ entre as densidades do corpo e do líquido servirá de referencial para mensurar a dimensão do volume da parte emersa do corpo. Nessas condições temos:

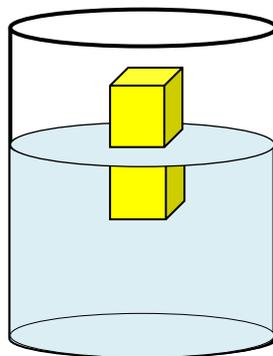
➤ **O corpo flutua com uma parte emersa do líquido:** o módulo do empuxo é igual ao peso do corpo ($E = P_c$) e a aceleração é nula ($\vec{R} = \mathbf{0}$)

Figura 13 – Esquema representando um corpo parcialmente imerso em um fluido flutuando dentro dele



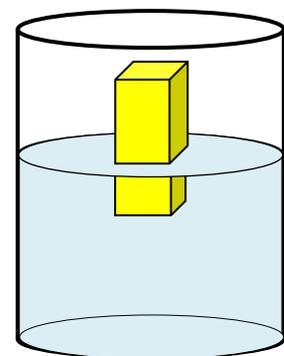
$$\frac{d_c}{d_l} = \frac{1}{3}$$

o corpo flutua com 1/3 de seu volume emerso



$$\frac{d_c}{d_l} = \frac{1}{2}$$

o corpo flutua com 1/2 de seu volume emerso



$$\frac{d_c}{d_l} = \frac{3}{4}$$

o corpo flutua com 3/4 de seu volume emerso

Fonte das imagens: do próprio autor

Para explicar como a densidade de um objeto influencia sua flutuabilidade, esteja ele totalmente imerso em um líquido ou não, o seu comportamento quando colocado no líquido deve ser entendido. Tomemos como exemplo um corpo colocado na água. A quantidade de água deslocada por ele é proporcional à sua massa imersa. Ele afundará na água quando deslocar uma quantidade de água igual à sua própria massa. Por exemplo: um corpo de 1 g de massa fica totalmente imerso e rente à superfície da água quando deslocar 1 g de água. Isto é independente do seu tamanho ou forma. Uma vez que a água tem uma densidade de 1 g/cm³, um objeto de 1g deslocará 1cm³ de água e assim sucessivamente. Se o corpo tiver um volume superior a

1cm^3 , ele irá flutuar com uma parte emersa proporcional à razão $\frac{d_c}{d_l}$ entre a sua densidade d_c e a do líquido d_l . Tomemos outro exemplo: quando afirmamos que a parte visível de um imenso iceberg (figura 14) corresponde a aproximadamente 10% de seu tamanho total, queremos dizer que apenas 10% de sua massa está emersa, ou ainda, que 10% de seu volume total está emerso; isso porque a razão entre as densidades gelo de água doce (iceberg) e água oceânica ser aproximadamente 0,91.

Figura 14 – Foto de um iceberg à deriva



Fonte da imagem: <https://www.google.com/url?zagaiadigital.com.br>

Isso significa que as condições de flutuabilidade de um corpo, esteja ele emerso ou imerso em um fluido, dependem da sua própria densidade e da densidade do fluido em que é colocado.

6. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional proposto e desenvolvido na sala de aula com os alunos teve por objetivo despertar o interesse e a boa vontade dos alunos para a aprendizagem dos conceitos relacionados aos fenômenos abordados. Buscamos sempre a contextualização dos fenômenos estudados, sempre procurando associá-los com o cotidiano, e valorizando o entrosamento, interesse e as ideias surgidas no grupo. Para verificar a eficácia da proposta foram realizadas avaliações que indicam se a metodologia de experimentação em sala de aula, quando bem planejada e conduzida pelo professor, contribui significativamente na aprendizagem dos alunos e desperta o interesse pelas aulas de ciências.

As atividades foram desenvolvidas com grupos de alunos, que passaram por avaliações quantitativas e qualitativas, antes e depois da aplicação do produto. As avaliações qualitativas tiveram como objetivos avaliar a qualidade e eficácia da metodologia de ensino centrada na experimentação frente à metodologia de ensino tradicional. Já as avaliações quantitativas tiveram como objetivos mensurar o grau de apreensão dos conceitos estudados antes e depois da montagem e da realização dos experimentos.

Depois de mensurados os resultados das avaliações aplicadas ao grupo, os dados de desempenho serviram de parâmetro de comparação da eficiência de uma metodologia de ensino em relação à outra.

6.1. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Este produto educacional consistiu em uma sequência de atividades baseadas em experimentos sobre conceitos fundamentais de hidrostática, utilizada como recurso de ensino e aprendizagem significativos, desenvolvidas ao longo de todo o 2º semestre do ano letivo de 2019.

As atividades experimentais foram desenvolvidas com um grupo de alunos do 2º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Polivalente Dr. Menezes Júnior, na cidade de Itumbiara – Goiás. Nelas, os alunos deveriam montar aparatos de experimentação em hidrostática utilizando materiais recicláveis de baixo custo e fácil aquisição que relacionassem conceitos fundamentais dos tópicos selecionados com aplicações práticas em situações do dia a dia. O Objetivo foi relacionar teoria e prática, contextualizando-a com a realidade vivenciada pelos alunos. O cronograma de atividades foi estruturado de forma a abarcar aulas dialógicas teóricas, videoaulas e uso de simuladores sobre os conteúdos pré-selecionados. A ênfase em cada etapa foi despertar a curiosidade dos alunos com vistas à uma participação mais proativa no processo de ensino e aprendizagem.

O tema proposto foi apresentado aos alunos de forma genérica em uma aula de 50 minutos para que tomassem conhecimento do objeto de estudo do produto educacional. Na aula seguinte foram apresentados os conceitos básicos do tema nos quais os experimentos deveriam se apoiar e feitos os agrupamentos para que escolhessem o conceito que cada grupo tinha interesse de demonstrar. Os conceitos básicos de hidrostática, obrigatórios para todos os grupos terem a compreensão dos funcionamentos dos aparatos de experimentação a serem montados foram: pressão exercida por sólidos e fluidos, densidade, Teorema de Stevin, Princípio de

Pascal e Princípio de Arquimedes, haja vista a compreensão da hidrostática estar diretamente ligada a essas grandezas físicas.

6.2. CONFECÇÃO/MONTAGEM DAS MAQUETES DOS EXPERIMENTOS

As atividades propostas para a 2ª etapa ocorreram no período vespertino, às segundas, quartas e quintas-feiras, durante todo o mês de setembro de 2019, haja vista elas demandaram mais tempo e recursos para ficarem prontas. Cada grupo teve três encontros obrigatórios de uma hora-aula agendados com o professor-orientador para dirimir dúvidas sobre o conteúdo, orientações sobre a montagem dos experimentos, apresentação dos seminários e como usar o simulador de experimentos PhET Simulations. Se necessário, os grupos podiam solicitar mais encontros com o professor-orientador desde que não houvesse prejuízos aos agendamentos dos demais grupos. Essa etapa teve duração de 14 horas-aula.

6.2.1. Grupo 1: Denso D+

Conceitos e definições a serem demonstrados com o experimento: massa específica e densidade

Os alunos providenciaram pequenos objetos de massas diferentes e formatos variados (fig. 15), dinamômetro graduado em quilogramas (kg), recipiente com graduação volumétrica em mililitros (mL) e calculadora para demonstrar como se calcula a densidade a densidade de corpos sólidos e ocios.

Materiais necessários:

- ✓ objetos de formas e massas variadas;
- ✓ dinamômetro graduado em kg ou em newton
- ✓ recipiente graduado em mL para medir o volume do objeto;
- ✓ calculadora eletrônica.

Figura 15 – Materiais usados para calcular a densidade de um objeto



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

✓ para se obter o volume de um objeto de formato irregular (fig. 16): coloque água no recipiente graduado, insira totalmente o objeto na água e anote o volume indicado em mL;

Figura 16 – Objeto imerso em água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

✓ retire-o da água e o pendure na extremidade do dinamômetro (fig. 17) para medir a sua massa em kg;

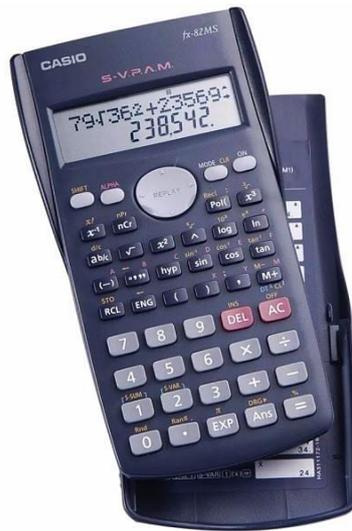
Figura 17 – Objeto suspenso em um dinamômetro



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

✓ utilize a calculadora (fig.18) para obter densidade do objeto, usando a equação $d = \frac{m}{V}$;

Figura 18 – Calculadora científica



Fonte da imagem: <https://ingridelua.com.br/course/curso-calculadora-cientifica-casio-fx-82ms/>

✓ repita o procedimento para cada objeto que quiser saber a densidade.

6.2.2. Grupo 2: Pressol

Conceito e definição a serem demonstrados com o experimento: pressão mecânica

O objetivo dos experimentos propostos por esse grupo é mostrar a interdependência entre as três grandezas envolvidas no fenômeno: pressão, área e força aplicada.

Materiais necessários:

- ✓ balança eletrônica (dinamômetro) de solo;
- ✓ calculadora eletrônica;
- ✓ trena;
- ✓ objetos de massas e formas variadas;
- ✓ mural com as principais figuras planas e fórmulas de cálculos de suas áreas;
- ✓ tábua com pregos;
- ✓ balões de borracha infláveis.

Figura 19 – Materiais utilizados para calcular pressão mecânica



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

1º experimento: usado a balança de solo

Materiais necessários:

- ✓ balança eletrônica (dinamômetro) de solo;
- ✓ calculadora eletrônica;
- ✓ Trena metálica;
- ✓ objetos de massas e formas variadas;
- ✓ mural com as principais figuras planas e fórmulas de cálculos de suas áreas;

Procedimentos de montagem:

- ✓ meça a massa de objeto, em kg, usando a balança eletrônica;
- ✓ Escolha uma face do objeto na qual deseja apoiá-lo, identifique no mural de figuras planas a forma da figura da área de apoio, meça suas dimensões e calcule sua área, em cm^2 ;

Figura 20 – Objeto sobre uma balança eletrônica



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Utilize a calculadora eletrônica e a relação $p = \frac{F}{A}$ para calcular a pressão exercida pelo objeto, em kg/cm^2 , contra a superfície de contato.
- ✓ explique o significado físico do valor encontrado no cálculo da pressão mecânica.

2º experimento: utilizando uma “cama de pregos”

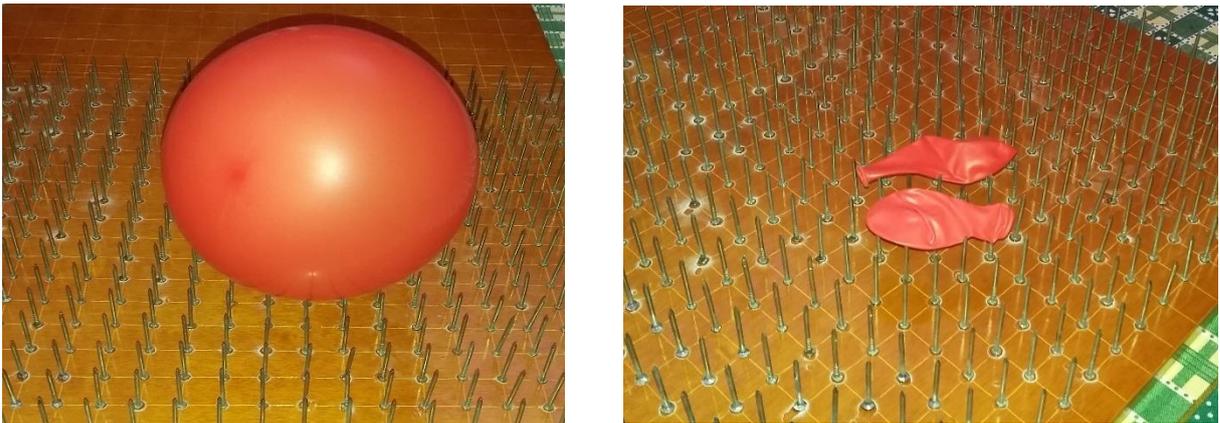
Materiais necessários:

- ✓ tábua de madeira de 50 cm x 60 cm;
- ✓ trena metálica;
- ✓ balões de borracha infláveis;
- ✓ furadeira elétrica e broca para metal de 1,5 mm de diâmetro;
- ✓ pregos 18 x 15 com cabeça;
- ✓ martelo.

Procedimentos de montagem:

- ✓ use a trena para fazer marcações espaçadas uniformemente de 1,5 cm em toda a área de uma tábua de madeira de dimensões 50 cm x 60 cm; com a furadeira elétrica, faça furos nos cruzamentos de todas as marcações; utilize o martelo para fixar os pregos em todos os furos, deixando-os com a mesma altura.

Figura 21 – Tábua com pregos (cama de pregos)



Fonte das imagens: arquivo pessoal ao autor

- ✓ infle alguns balões de borracha e os pressione contra apenas um prego para mostrar que ele estoura facilmente e explique o porquê de isto ocorrer;
- ✓ repita a ação aumentando o número de pregos sobre o qual os balões são pressionados até o ponto de os balões não mais estourarem;
- ✓ Incentive o público assistente a emitir opiniões do porquê os balões não estourarem apesar de empurrados contra as pontas dos pregos;

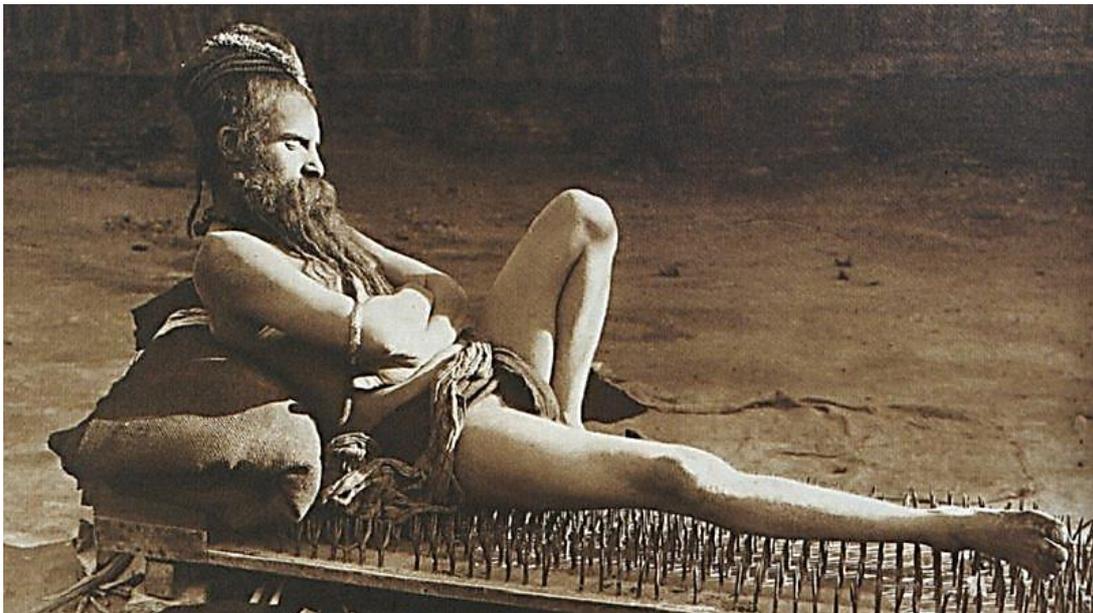
Figura 22 – Balão de borracha inflado



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ utilize um projetor para mostrar imagens de antigos faquires indianos deitados em camas de pregos;

Figura 23 – Faquir indiano em cama de pregos



Fonte da imagem: <https://www.google.com/contosassombrosos.blogspot.com/faquir-e-seus-segredos>

- ✓ Sente-se e fique de pé “cama de pregos” para causar um efeito dramático na demonstração do experimento; em seguida convide pessoas do público assistente que se voluntariam a fazerem o mesmo.

Figura 24 – Pessoa sentada e de pé sobre tábua com pregos



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

- ✓ Explicar em seguida o conceito de hidrostática aplicada àquela situação, dando-lhe uma explicação racional.

6.2.3. Grupo 3: Liquepress

Conceito e definição a serem demonstrados com o experimento: pressão atmosférica

O objetivo dos experimentos propostos por esse grupo é mostrar que o peso do ar atmosférico exerce uma pressão intensa sobre todos os objetos que estão imersos na atmosfera terrestre e em todas as direções.

Materiais necessários:

- ✓ prato de louça fundo transparente;
- ✓ vela;
- ✓ caixa de fósforos;
- ✓ 1 pote de vidro;
- ✓ garrafa de plástico de 600 ml;
- ✓ pedaço de plástico transparente rígido de 10 cm x 10 cm;
- ✓ água e corante líquido.

Figura 25 - Pote de vidro, vela e prato transparente



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

1º experimento: pressão atmosférica atuando na superfície livre de um líquido

- ✓ Fixar a vela apagada ao fundo do prato;
- ✓ encher o prato com água colorida até atingir meia-altura da vela;

Figura 26 – Pote de vidro, vela e prato transparente



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ emborcar o pote sobre a vela apagada e assinale o nível de água em seu interior;

Figura 27 – Pote de vidro emborcado sobre vela



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ retire o pote, acenda a vela e aguarde a chama atingir seu tamanho máximo;

Figura 28 – Pote de vidro, vela acesa e prato transparente



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ em seguida, emborque novamente o pote sobre a vela acesa e aguarde sua chama se extinguir completamente;
- ✓ . Assinale o nível da água atingido no interior do pote;
- ✓ quando o nível de água no interior do pote se estabilizar, significa que ocorreu o equilíbrio

entre as pressões exercida pela coluna d'água e a pressão atmosférica;

Figura 29 – Coluna de água equilibrada pela pressão atmosférica



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Pressão atmosférica atuando no objeto em todas as direções

- ✓ Encha o pote de vidro até 3/4 de seu volume;
- ✓ coloque o pedaço de plástico rígido transparente sobre a boca do pote pressionando-o levemente com a mão; vire-o de boca para baixo;

Figura 30 – Pote de vidro na vertical com água até a metade



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ retire a mão cuidadosamente e observe o que acontece com plástico e com a água;

- ✓ repita os procedimentos com o pote totalmente cheio de boca para baixo.

Figura 31 – Pote de vidro na vertical totalmente cheio com água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Repita o experimento com o pote totalmente cheio colocado na horizontal.

Figura 32– Pote de vidro na horizontal totalmente cheio com água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Uma variação do experimento

- ✓ Coloque uma pequena quantidade de água no prato e emborque a garrafa. A água é mantida em seu interior pela pressão atmosférica atuante na superfície da lâmina d'água no prato.

Figura 33 – Líquido no interior da garrafa equilibrado pela pressão atmosférica



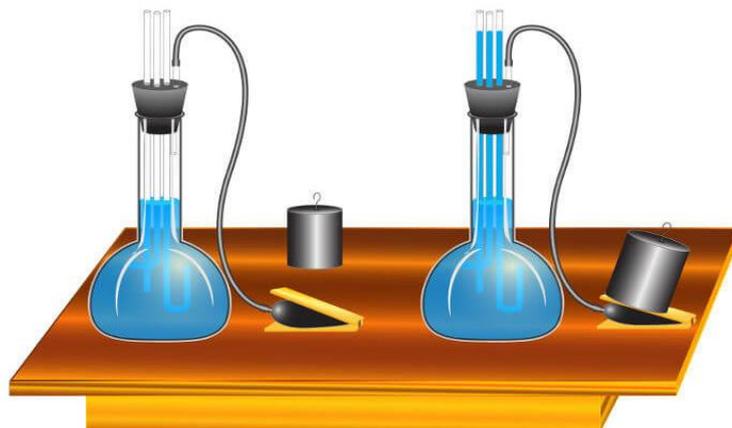
Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

6.2.4. Grupo 4: Pascal

Conceitos e definições a serem demonstrados com o experimento: o princípio de Pascal

O objetivo do experimento montado por esse grupo é demonstrar que quando uma força externa é exercida sobre um ponto de um líquido em equilíbrio, ocorre um acréscimo da pressão nesse ponto que se transmite a todos os pontos do líquido e das paredes do recipiente.

Figura 34 – Modelo de aparato de experimento do Princípio de Pascal



Fonte da imagem: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-de-pascal.htm>

Por meio desse experimento, é possível visualizar que a transmissão de pressão em fluidos ocorre de forma igual em todas as direções. Independente da direção ou da profundidade em que a extremidade inferior desses tubos estiver inserida, o líquido no interior de cada um deles deverá alcançar a mesma altura, já que todos estarão sujeitos a mesma pressão.

Materiais necessários:

- ✓ pote de vidro com tampa;
- ✓ água e corante;
- ✓ seringa de injeção com bico de agulha rosqueada ou bomba pneumática de inflar bolas;
- ✓ mangueira de borracha (garrote);
- ✓ três canudos de plástico transparente ou de vidro;
- ✓ pistola de cola quente ou bisnaga pequena de cola de silicone;

Figura 35 – Pote de vidro, cola de silicone, canudos de vidro e bomba pneumática



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ com uma furadeira elétrica, faça 3 furos na tampa do pote, como diâmetros compatíveis com os dos canudos e bico da seringa;

- ✓ passe os canudos pelos furos e faça a vedação com cola quente ou silicone. Espere secar totalmente e rosqueie o bico da seringa na tampa;

Figura 36 – Canudos de vidro fixados na tampa do pote de vidro



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Coloque água com corante no pote, rosqueie firmemente a tampa e verifique se não há vazamento;

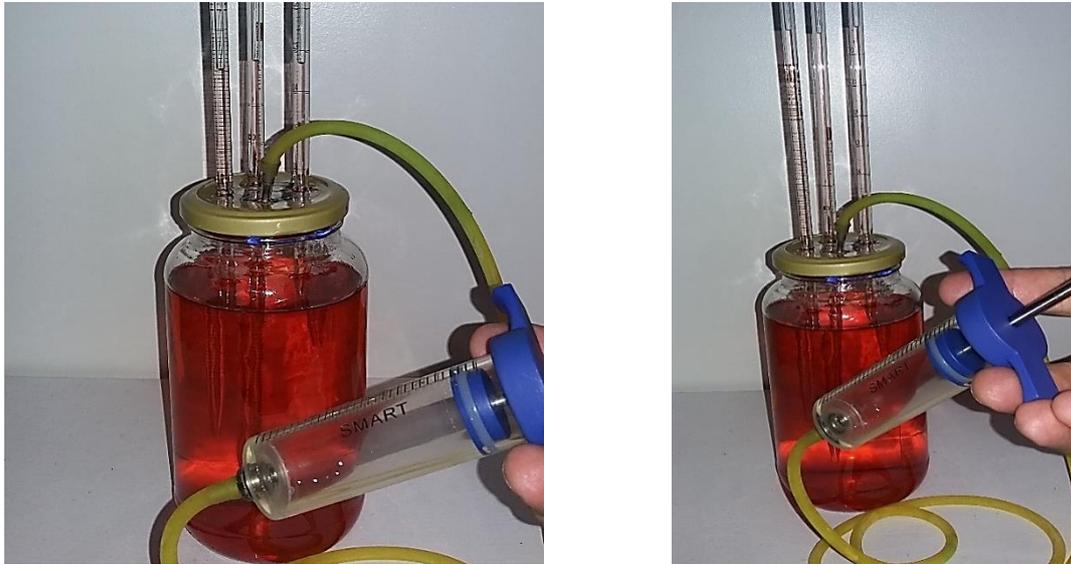
Figura 37 – Aparato de experimentação montado



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ acione a seringa para injetar/retirar ar do interior do pote e verifique o que ocorre com o nível de água no interior nos tubos.

Figura 38 – Aparato de experimentação em uso



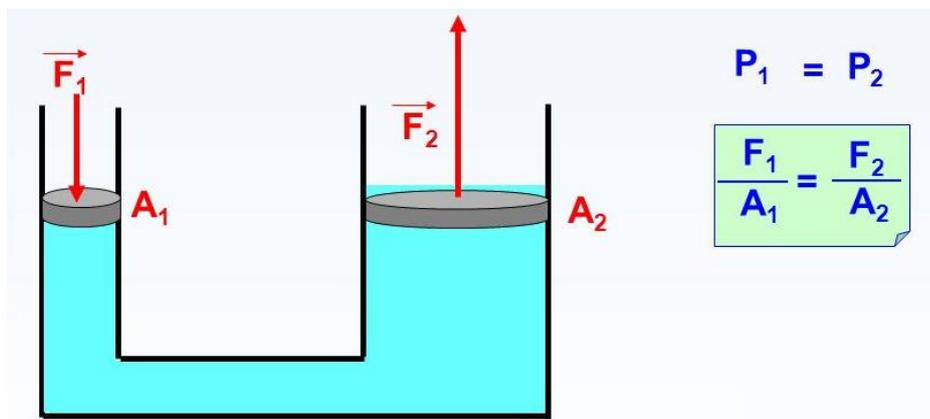
Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

6.2.5. Grupo 5: PH

Conceitos e definições a serem demonstrados com o experimento: prensa hidráulica

Outra importante aplicação do princípio de Pascal é a prensa hidráulica (fig. 39), dispositivo multiplicador de força muito usado em sistemas hidráulicos de maquinaria pesada e freios veiculares. Consiste basicamente em dois recipientes cilíndricos de diâmetros diferentes, ligados pela base e preenchidos por um líquido homogêneo mostrado na figura abaixo. Os estudantes demonstrarão o seu funcionamento e explicarão o princípio físico envolvido.

Figura 39 – Esquema básico de uma prensa hidráulica

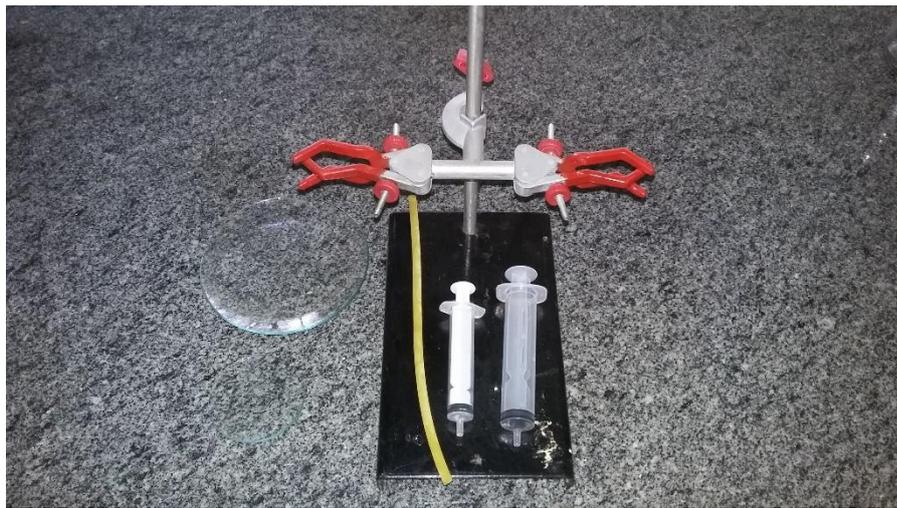


Fonte da imagem: <https://www.google.com/search?q=teorema+de+pascal+prensa+hidraulica&sxsrf>

Materiais necessários:

- ✓ duas seringas de injeção: uma de 10 mL e outra de 20 mL;
- ✓ conjunto de garras metálicas;
- ✓ pedestal de ferro;
- ✓ água colorida;
- ✓ mangueira de borracha (garrote)
- ✓ duas bandejas de vidro.

Figura 40 – Garras, seringas e pedestal



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ coloque água colorida no interior das seringas até a metade de seus volumes;
- ✓ conecte a mangueira de borracha às saídas de ambas as seringas;
- ✓ coloque-as no suporte e dê aperto suficiente com as garras metálicas;
- ✓ fixe as bandejas de vidro nos êmbolos das seringas com cola instantânea;

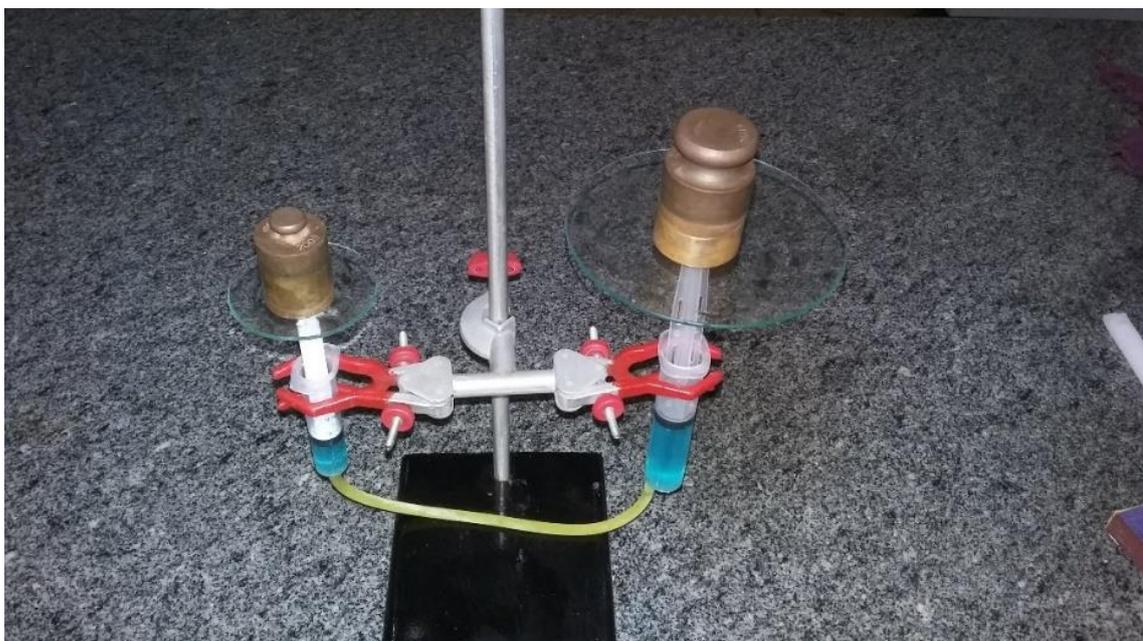
Figura 41 – Prensa hidráulica experimental montada



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ verifique o funcionamento empurrando ou puxando os êmbolos das seringas;
- ✓ posicione um objeto de 1 kg sobre a bandeja do êmbolo maior e empurre o êmbolo menor para verificar o funcionamento da prensa.

Figura 42 – Prensa hidráulica experimental em equilíbrio



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

6.2.6. Grupo 6: Stevin

Conceitos e definições a serem demonstrados com o experimento: O teorema de Stevin

O experimento consiste em demonstrar, com o auxílio de uma garrafa pet de 3 L, como a pressão hidrostática tem valores diferentes em pontos localizados em alturas diferentes do interior do líquido.

Materiais necessários:

- ✓ garrafa de plástico descartável de 2,5 L;
- ✓ recipiente retangular de plástico, metal ou vidro de 2,5 L;
- ✓ água colorida e parafina (vela);
- ✓ objeto perfurante para fazer furos na garrafa;

Figura 43 – Garrafa plástica, bandeja de plástico e ponte de vidro



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ com o objeto perfurante faça 3 furos de 2 mm de diâmetro alinhados ao longo da garrafa, a 1/4, 1/2 e 3/4 de altura em relação à base;

Figura 44 – Garrafa plástica com furos



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ vede os furos com parafina derretida e encha totalmente a garrafa com água colorida;

Figura 45 – Garrafa plástica cheia de água colorida



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ coloque-a sobre uma base e posicione o recipiente coletor de água;
- ✓ explique o Teorema de Stevin e em seguida faça a demonstração retirando a parafina dos três furos simultaneamente;

Figura 46 – Água jorrando dos furos com pressão diferentes



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

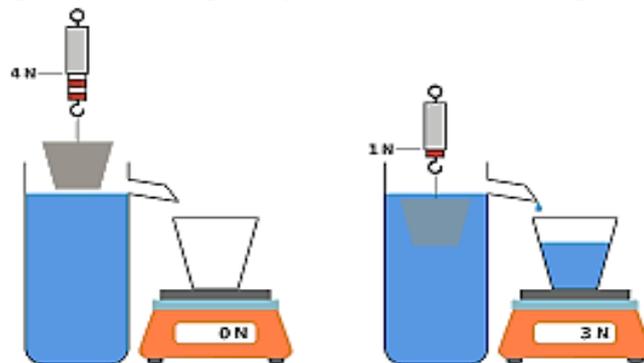
- ✓ agilize as demonstrações, deixando ao menos três garrafas semelhantes prontas para uso.

6.2.7. Grupo 7: Princípio de Arquimedes

Conceitos e definições a serem demonstrados com o experimento: Princípio de Arquimedes

O experimento (fig. 47) destina-se à verificação da existência de uma força vertical para cima que o líquido aplica sobre um corpo nele mergulhado, conhecida como empuxo, e comprovar o princípio de Arquimedes: “Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio recebe uma força de direção vertical e sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.”

Figura 47 – Comprovação do Teorema de Arquimedes



Fonte da imagem: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/teorema-de-arquimedes>

Materiais necessários:

- ✓ dinamômetro graduado em kg;
- ✓ recipiente com graduação volumétrica, em mL;
- ✓ objetos de massas e formas variadas.

Figura 48 – equipamentos e objetos para comprovação do empuxo



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ pendure na extremidade do dinamômetro cada objeto que quiser medir peso real;
- ✓ para encontrar o peso aparente e o volume de cada objeto, insira-os na água individualmente;

Figura 49 – Como medir a massa e o volume de cada objeto



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ encontre a diferença entre o peso real e o peso aparente de cada objeto;
- ✓ a diferença entre os pesos real e aparente é a medida do empuxo exercido pela água sobre o objeto.

6.2.8. Grupo 8: Boia-afunda

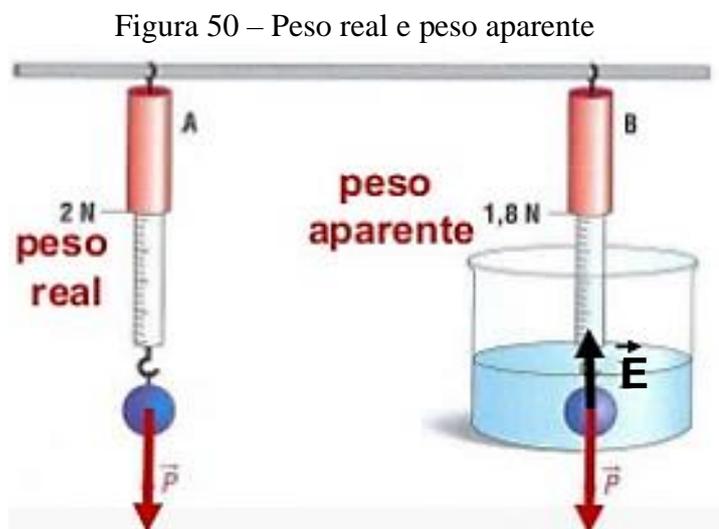
Conceitos e definições a serem demonstrados com o experimento: condições de flutuação de um corpo - empuxo e o princípio de Arquimedes

Os alunos deverão verificar a validade do princípio de Arquimedes para a flutuação de objetos com formas, massas e volumes diversos quando são postos em um fluido e qual é a influência do empuxo na flutuabilidade.

Qualquer corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás), fica sujeito a uma força vertical, com sentido de baixo para cima, exercida por esse fluido. Essa força é chamada por empuxo e representada por E

O empuxo nos líquidos é muito maior do que nos gases. Por isso, quando estamos na água ficamos com a sensação de que estamos "mais leves".

Qualquer corpo mergulhado num líquido tem um peso inferior ao seu peso real (fig. 50). Este peso designa-se por peso aparente do corpo.



Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

O peso aparente é a resultante de duas forças com sentidos opostos: o peso real e o empuxo.

$$\text{Força resultante} = \text{Peso real} - \text{Empuxo}$$

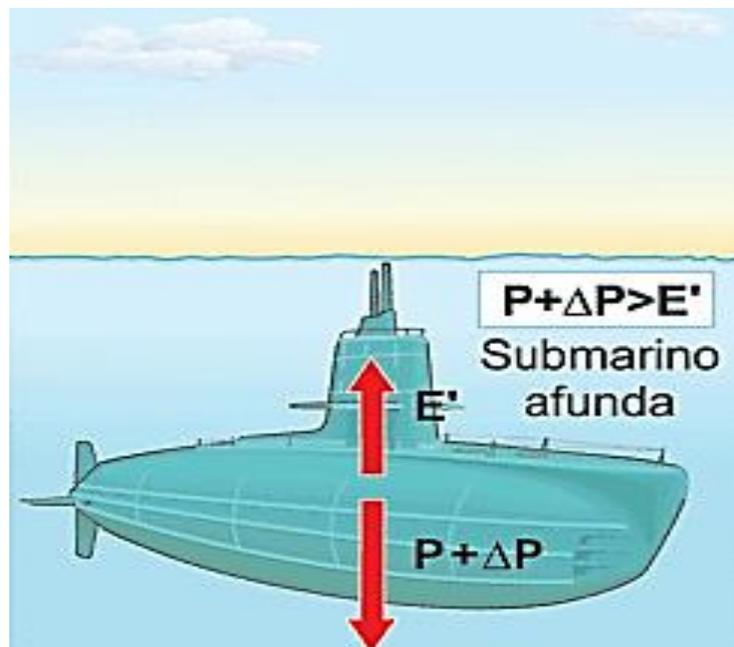
$$P_{ap} = P_{real} - E$$

Para que um corpo flutue num determinado fluido, é necessário que a densidade desse corpo seja menor do que a do fluido.

Fatores de que dependem o empuxo

- ✓ Densidade do líquido: quanto maior a densidade de um fluido, maior será o empuxo.
- ✓ Volume do corpo imerso: quanto maior for o volume imerso, maior será o empuxo.

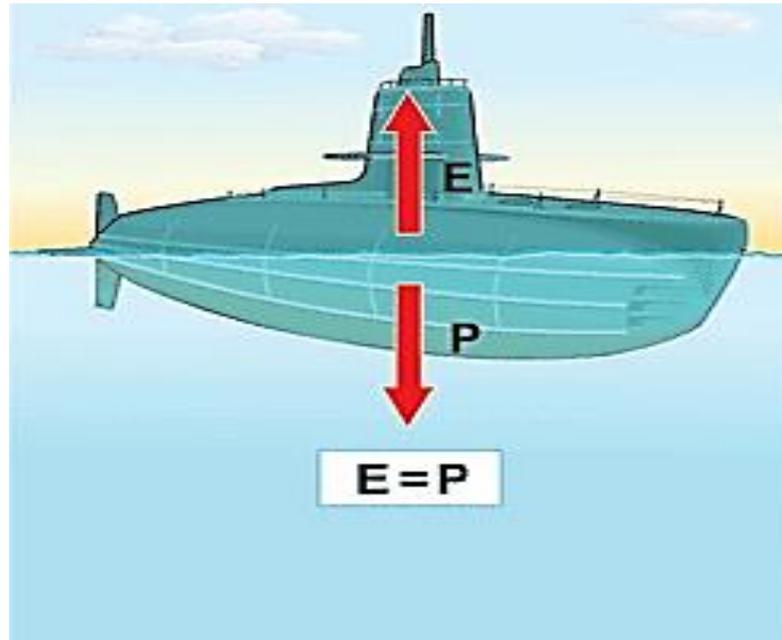
Figura 51 – Corpo afunda no líquido



Se dentro do líquido $E < P$, o corpo vai para o fundo

Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

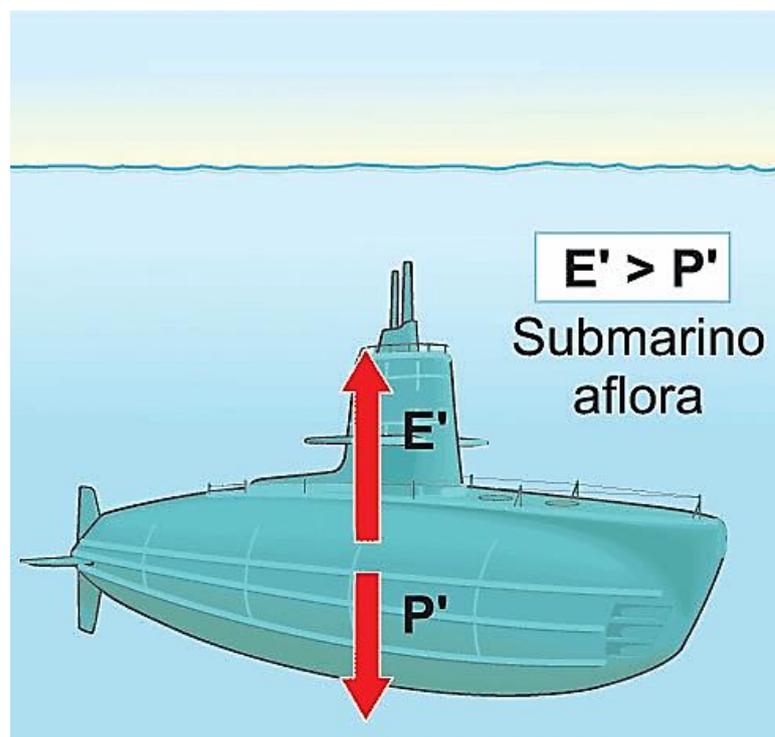
Figura 52 – corpo em equilíbrio no interior do líquido



Se dentro do líquido $E = P$, o corpo fica em equilíbrio no interior do líquido

Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

Figura 53 - corpo sobe e flutua



Se dentro do líquido $E > P$, o corpo sobe até que $E = P$, e o corpo flutua.

Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

Materiais necessários:

- ✓ recipiente de vidro transparente;
- ✓ objetos de massas, formas e volumes diferentes;
- ✓ Balança eletrônica (dinamômetro) graduado em kgf;
- ✓ recipiente com graduação volumétrica, em mL;

Figura 54 – Objetos para demonstração da flutuação de corpos na água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ meça a massa dos objetos colocando-os na balança;
- ✓ meça o volume dos objetos mergulhando-os totalmente no recipiente graduado contendo água;

Figura 55 – Medida da massa/volume de uma bola de borracha



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

- ✓ calcule as densidades dos objetos com essas informações;
- ✓ coloque um objeto por vez no recipiente para ver o fenômeno ocorrer;
- ✓ de acordo com as densidades obtidas e a densidade da água, é possível saber o que ocorrerá com cada objeto ao ser solto no líquido: boia, fica parado imerso ou vai direto para o fundo;
- ✓ repita o experimento com objetos de formas irregulares, volumes diferentes e massas diferentes.

Figura 56 – Objetos flutuando em água



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

7. RESULTADOS OBTIDOS

A realização de experimentos em sala de aula tem sido uma importante ferramenta pedagógica no ensino de ciências. Ao utilizá-la o professor consegue estimular os alunos a serem mais interessados e participativos. É por meio da experimentação que a ciência encanta.

Na vida escolar o contato com objetos, situações materiais, relações diretas com a natureza e com produtos tecnológicos, constituem um aspecto essencial como forma de mediação na composição do currículo escolar. Entendida dessa forma a atividade experimental visa aplicar a teoria na resolução de problemas e dar significado à aprendizagem da ciência, constituindo-se como uma verdadeira atividade teórico-experimental (ZANON e FREITAS, 2007).

Ao longo do desenvolvimento das teorias associadas à Psicologia e à Filosofia aplicadas no contexto da educação diversos pensadores se debruçaram sobre importância da experimentação enquanto atividade de ensino/aprendizagem. De acordo com Manacorda (2001), há mais de 300 anos, John Locke (1632-1704) apontou a necessidade do uso de atividades práticas pelos estudantes. O reconhecimento da importância das atividades práticas na educação das crianças também pode ser encontrado em Rousseau (1712-1778), Pestalozzi (1746-1827), Montessori (1870-1952), Dewey (1859-1952) e outros. As atividades práticas são vistas por estes em diferentes enfoques, ora tomadas como suportes para o desenvolvimento dos conhecimentos da criança, ora tomadas como indutoras de conhecimentos existentes.

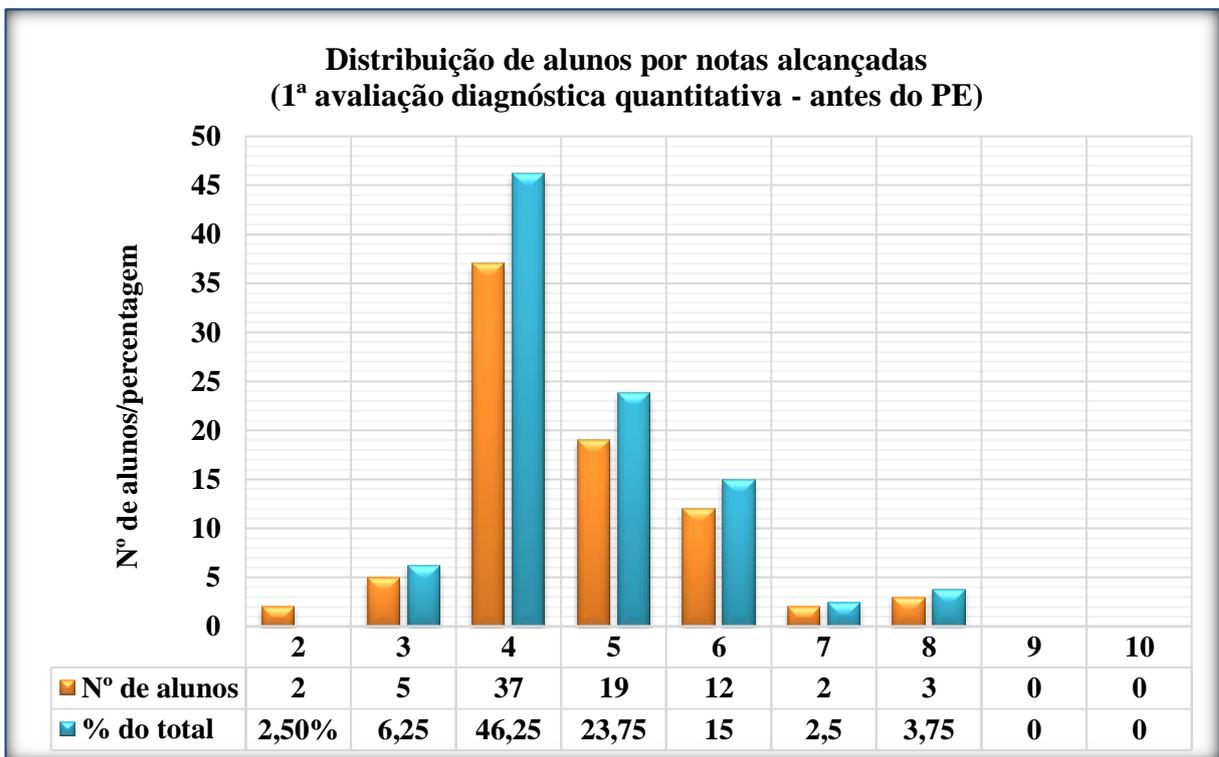
Segundo Silva e Filho (2010), a abordagem de um conteúdo de ciências por meio de experimentação passou a ser um método de ensino e um recurso de aprendizagem bastante eficaz no século XX. Eles afirmam que, diante da possibilidade de observar os fenômenos, testar hipóteses, comprovar as teorias que os envolvem e testar matematicamente leis e princípios matemáticos, há uma maior probabilidade de que o aluno consiga compreendê-los mais facilmente do que do modo de aula convencional dialógica (quadro, pincel e livro didático). Ao fazê-lo desse modo, o aluno está utilizando o método dedutivo de análise de fenômenos naturais introduzido nas ciências por Galileu Galilei no século XVII e, conseqüentemente, despertando seu interesse pelo tema. Para Gaspar e Monteiro (2005), é através de experimentos que as ciências encantam e aguçam a curiosidade das pessoas.

No início das atividades do desenvolvimento do PE na unidade escolar (agosto/2019) foram aplicadas avaliações diagnósticas e qualitativa aos alunos participantes, cujos objetivos e finalidades foram mensurar os nível de assimilação de conceitos de hidrostática e a coleta de dados numéricos dos resultados obtidos (avaliação quantitativa) e a percepção da eficiência da

metodologia de ensino aplicada (avaliação qualitativa) para comparação futura como aqueles que serão obtidos ao término do trabalho, ou seja, se houve uma ressignificação dos conhecimentos adquiridos a partir das atividades experimentais realizadas.

Naquele momento, o rendimento dos estudantes em avaliações internas e externas que versavam sobre conteúdos relacionados ao tema hidrostática abordados no produto educacional era abaixo do nível considerado como básico para essa etapa de ensino. Os dados mostrados no gráfico (fig. 57) são relativos às avaliações diagnósticas quantitativa e qualitativa aplicadas e refletem como era a realidade do desempenho acadêmico dos alunos em Física e a sua percepção da eficiência do método de ensino tradicionalista adotado pelos professores de Física da Unidade Escolar.

Figura 57 – Gráfico da quantidade de alunos distribuídos por notas alcançadas na 1ª avaliação diagnóstica



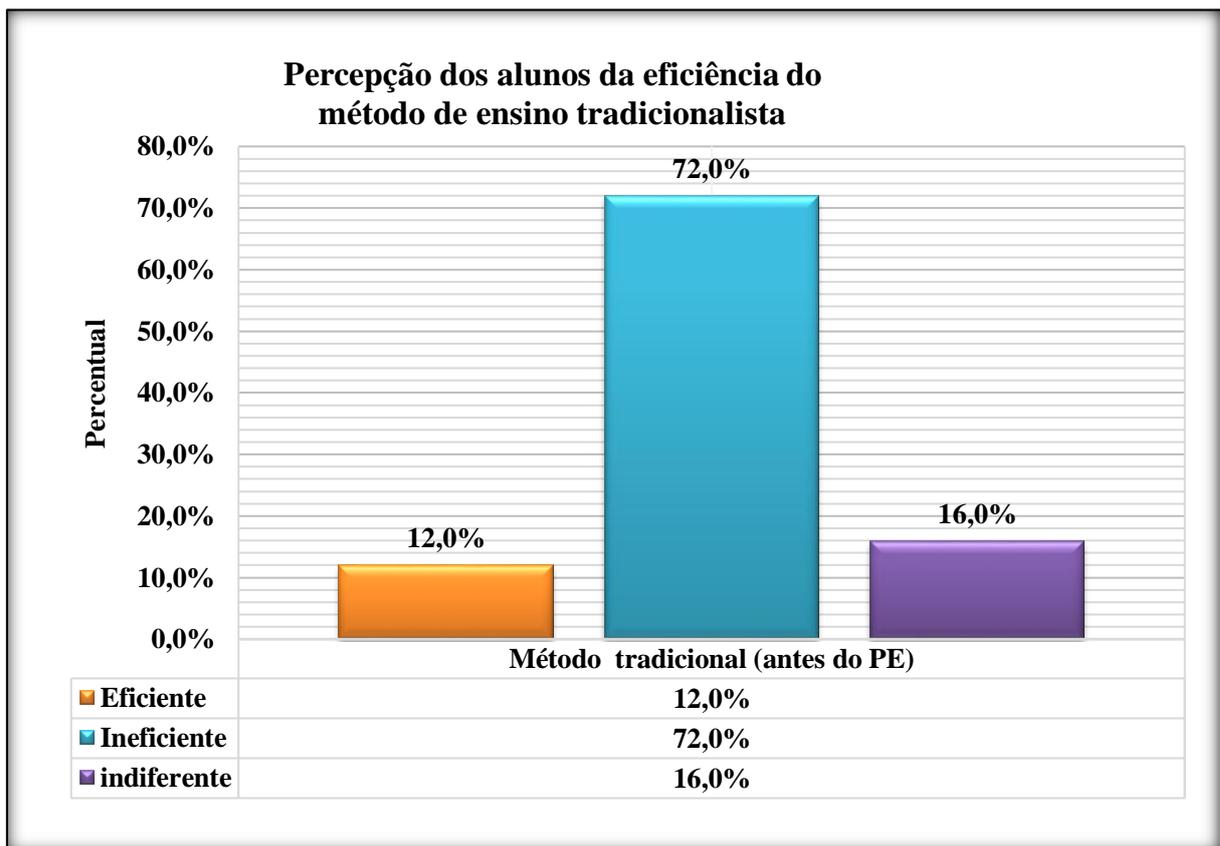
Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

A maioria deles atingiu uma nota média de 4,0 pontos, bem abaixo do índice de 6,0 pontos para a aprovação, estabelecido no Plano Político-Pedagógico (PPP) da Unidade Escolar. Constata-se da análise do gráfico que 70% dos alunos (56) de um universo de 80 participantes, não atingiram a nota mínima de aprovação. À medida que se avança para notas igual ou acima da média estabelecida, a quantidade de alunos que conseguem atingi-la diminui

consideravelmente, atingindo apenas 21% (17 alunos), o que pode significar uma baixa assimilação dos conceitos básicos referentes ao tema hidrostática causada por uma metodologia de ensino pouco eficaz.

O gráfico seguinte (fig. 58) apresenta os dados obtidos após a aplicação da primeira avaliação diagnóstica qualitativa referente à percepção dos estudantes em relação à metodologia de ensino tradicionalista adotada pela maioria dos professores de Física da UE.

Figura 58 – Gráfico da percepção dos alunos quanto à eficiência do método de ensino tradicionalista de Física -1ª avaliação diagnóstica qualitativa



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

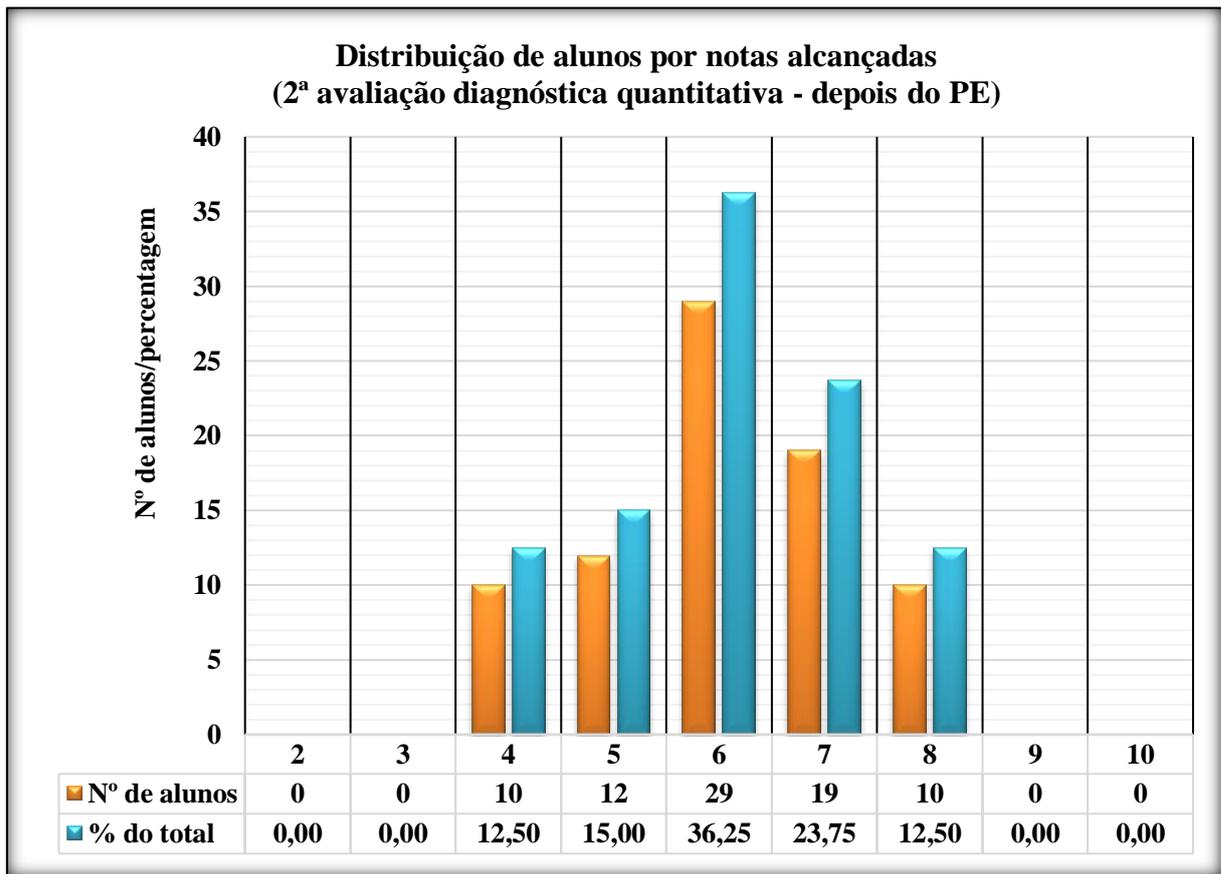
Setenta e dois por cento deles (58 alunos) consideraram o método de ensino tradicionalista ineficiente e atribuíram a ele boa parte de seu desempenho acadêmico ruim. Os outros 28% (22 alunos) fazem parte do grupo não consideram o método de ensino um fator decisivo em seu desempenho acadêmico, e associam a isso outras variáveis importantes, como estudos adicionais em casa, participação nas atividades propostas em sala de aula, interesse e disposição para aprender independentemente do método de ensino adotado pelo pela UE ou professor.

Ao término das atividades propostas do PE, foram aplicadas outras duas avaliações diagnósticas nos mesmos moldes das primeiras, com os mesmos conteúdos, objetivos e

finalidades análogas às daquelas. Os dados coletados do desempenho do grupo nessa etapa estão mostrados nos gráficos seguintes. Eles mostram a distribuição de alunos por acertos/questões e as notas obtidas nas duas avaliações diagnósticas aplicadas.

Da análise dos dados da figura 59, nota-se uma inversão nos percentuais de alunos que ficaram abaixo e acima da média mínima de 6,0 pontos para a aprovação estabelecida como meta pela UE. Nessa avaliação quantitativa, somente 22 alunos (28%) não atingiram a nota mínima, enquanto 58 alunos (72%) atingiram e/ou superaram esse patamar.

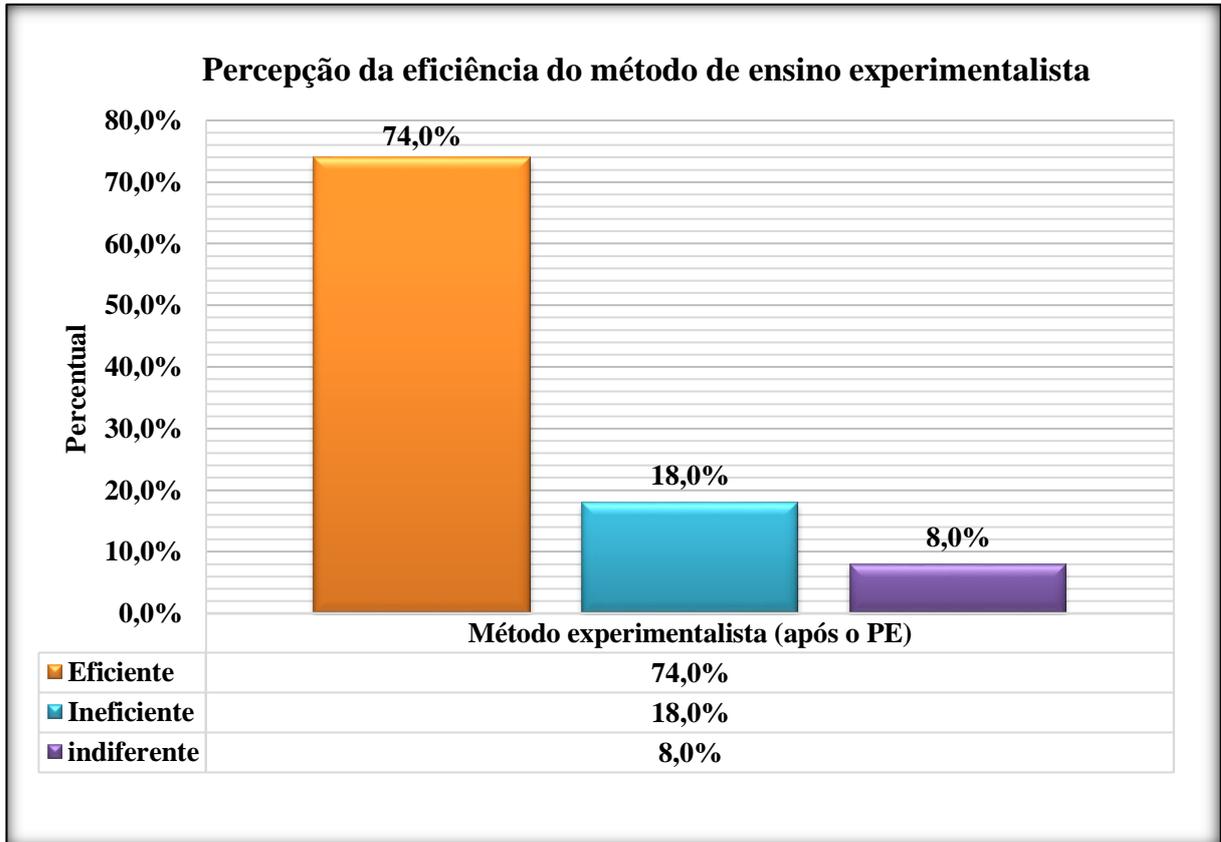
Figura 59 – Gráfico da quantidade de alunos distribuídos por notas alcançadas na 2ª avaliação diagnóstica



Fonte da imagem; arquivo do autor

Os dados coletados e sistematizados no gráfico seguinte (fig. 60) dão um panorama da percepção dos alunos quanto a eficiência do método de ensino com ênfase na demonstração de conceitos de hidrostática abordados nesse PE através de experimentação como ferramenta de ensino e aprendizagem.

Figura 60 – Gráfico da percepção dos alunos quanto à eficiência do método de ensino experimentalista em Física -2ª avaliação diagnóstica qualitativa

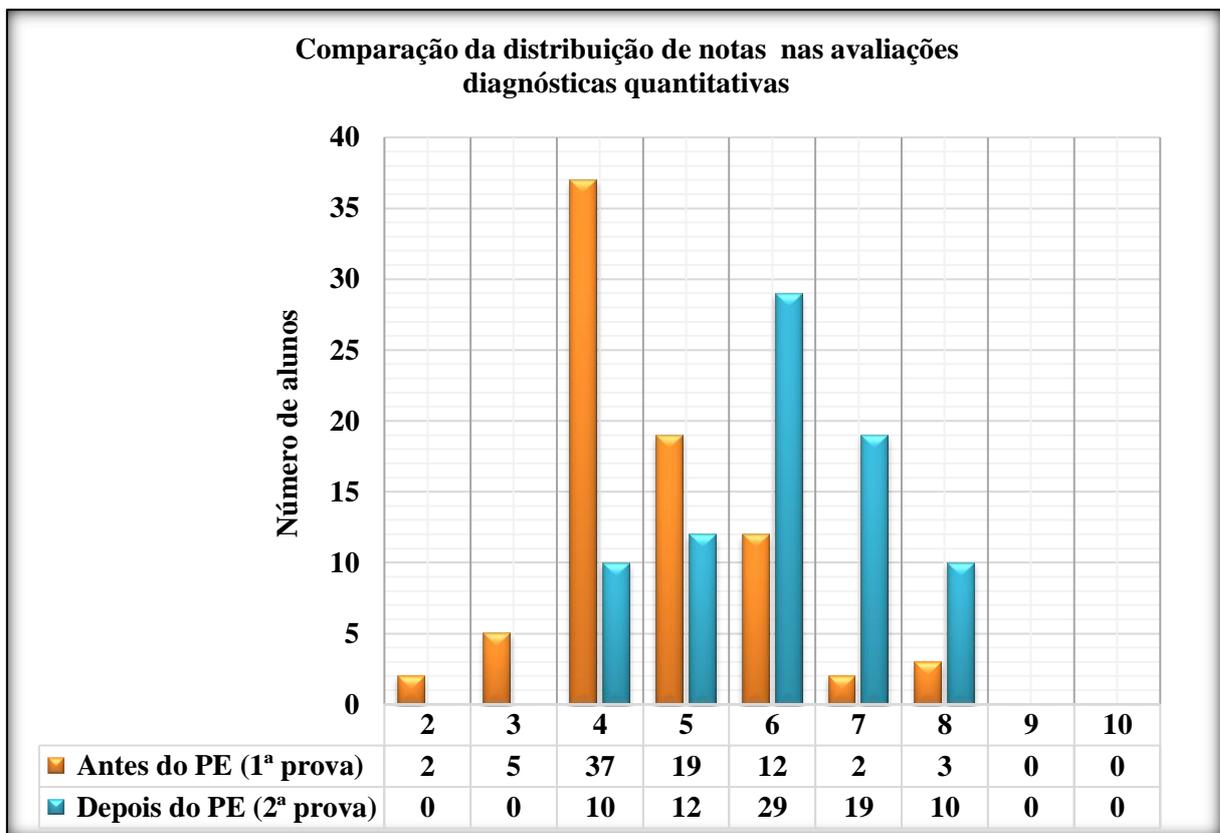


Fonte da imagem; arquivo do autor

O gráfico seguinte (fig. 61) estabelece uma comparação entre as notas obtidas nas duas avaliações diagnósticas quantitativas aplicadas ao grupo de alunos envolvidos no processo de implementação do PE na unidade escolar. Os resultados melhorados obtidos pela maioria dos estudantes na avaliação diagnóstica quantitativa aplicada após a realização de experimentos propostos no PE podem ter contribuído para que a percepção da eficiência dessa metodologia de ensino frente à anterior (tradicional, centrada na figura do professor) tenha sido tão expressiva. A priori, isso não significa que esta metodologia de ensino é melhor e inume a falhas que àquela, haja vista o conjunto-universo de indivíduos envolvidos no trabalho ser bastante reduzido para se configurar uma tendência de caráter geral nessa etapa de ensino. Podemos apenas

afirmar que para esse grupo de estudantes, cuja maioria até aquele momento a metodologia de ensino experimentalista surtiu o efetivo esperado: alunos mais proativos, participativos nas aulas, interessados em aprender e, sobretudo, com uma capacidade melhorada de assimilar conceitos de temas relacionados à Física e de dar significado aos conceitos físicos estudados na escola aplicados em situações de seu dia a dia.

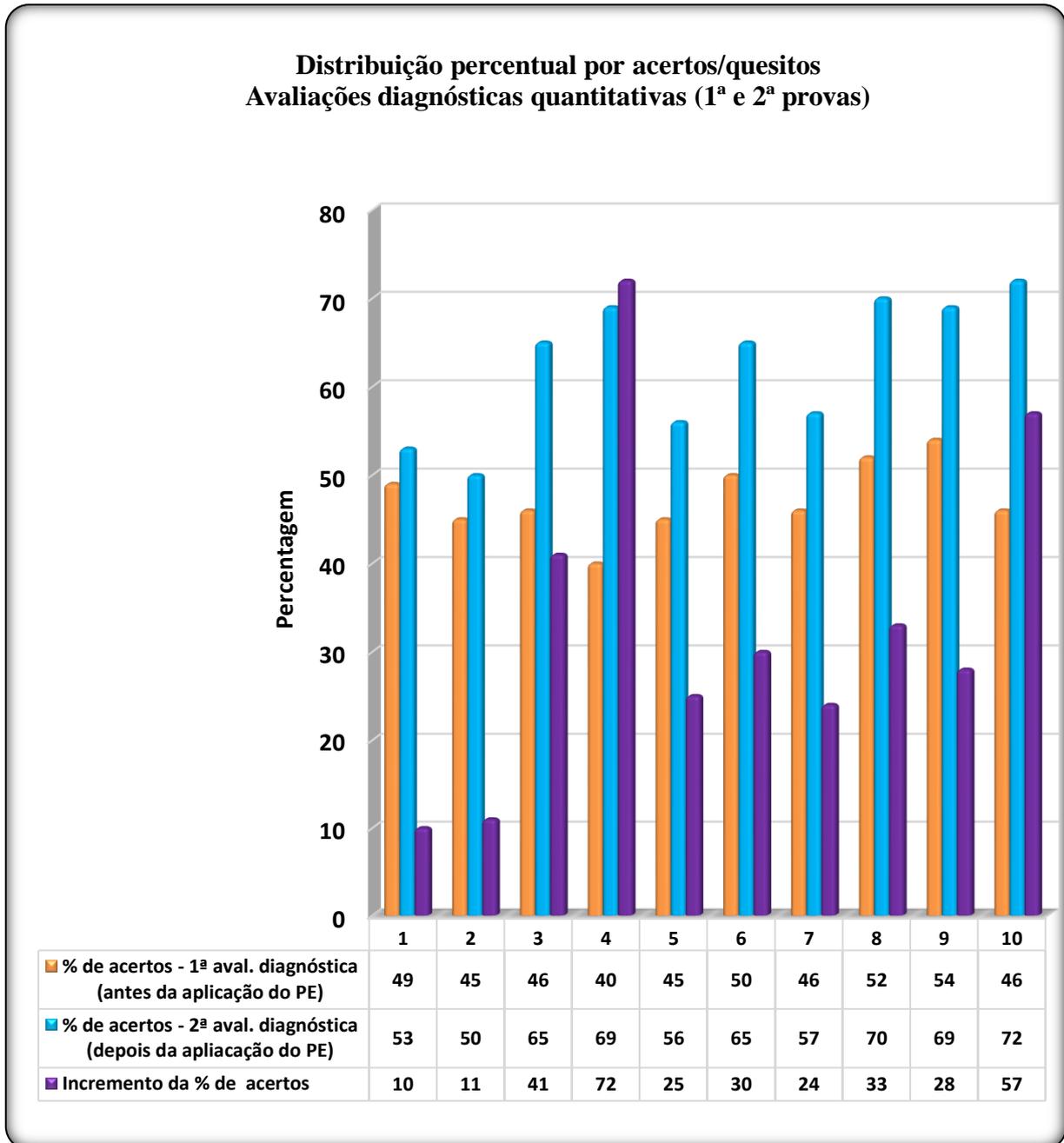
Figura 61 – Gráfico comparativo de notas obtidas nas avaliações diagnósticas quantitativas



Fonte da imagem; arquivo do autor

Ao analisar os dados da figura 62, constata-se que o percentual de acertos/quesitos aumentou significativamente da 1ª para a 2ª avaliação, passando de uma média de 36 alunos por acertos/quesitos para mais de 56 alunos por acertos/quesitos. Em termos percentuais, ocorreu um aumento expressivo na porcentagem de acertos, variando de um valor médio de 47,3% na primeira avaliação para uma média de 62,7% na segunda, representado um incremento de 20% no número de alunos que melhoraram seu desempenho na 2ª avaliação aplicada após o PE. No universo de 80 alunos participantes do desenvolvimento do PE isso representa 16 alunos a mais que conseguiram acertar mais de 50% das questões da 2ª avaliação diagnóstica.

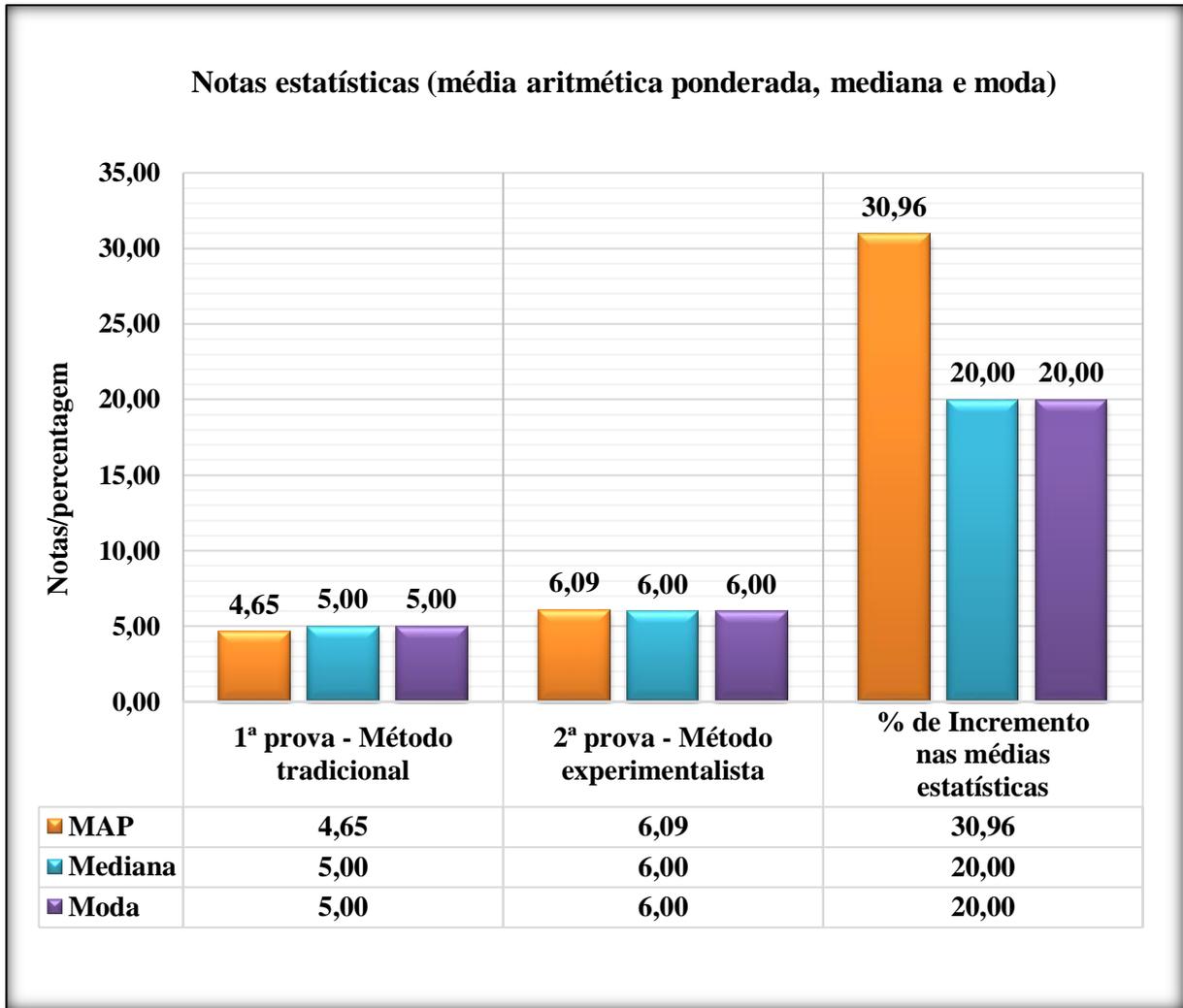
Figura 62 - Distribuição percentual por acertos/questos



Fonte da imagem; arquivo pessoal do autor

Submetendo-se os dados numéricos a métodos estatísticos, obtivemos os valores mostrados na figura 63. Ocorreu um aumento de aproximadamente 31% na nota relacionada à média aritmética ponderada (MAP), após o uso do método de ensino experimentalista em comparação com àquela obtida usando o método tradicional. Ainda, um incremento 20% nas medidas de tendência central mediana e moda, quando se fez uso do método experimentalista em detrimento do método tradicional de ensino.

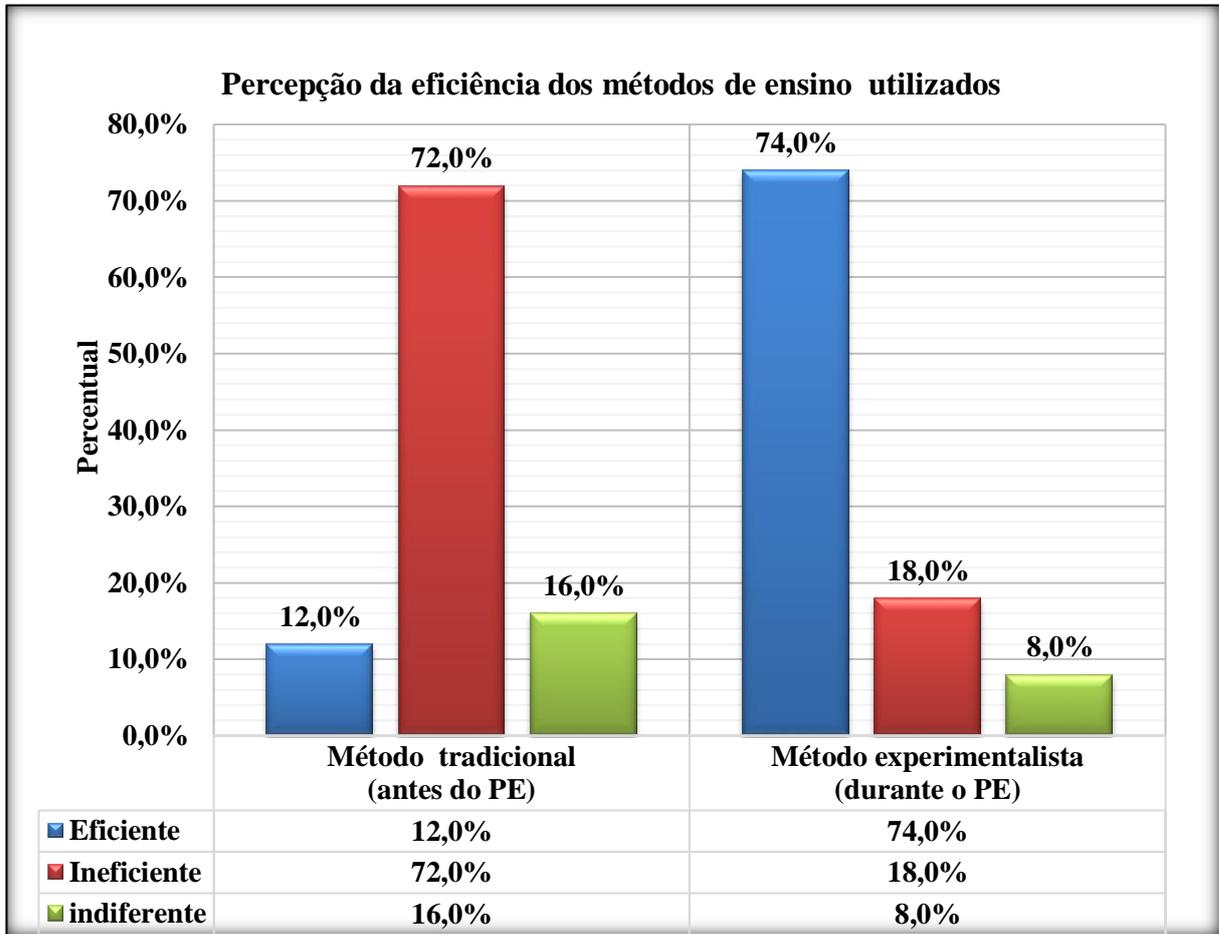
Figura 63 – Gráfico comparativo de notas estatísticas antes e depois do PE



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

Após as aplicações das avaliações diagnósticas qualitativas, baseando-se nos dados obtidos das respostas dos estudantes, o gráfico seguinte (fig. 64) mostra o nível de percepção dos discentes em relação à eficiência dos métodos de ensino utilizados antes e após o desenvolvimento do PE.

Figura 64 – Gráfico comparativo das percepções dos alunos sobre a eficiência dos métodos de ensino utilizados



Fonte da imagem; arquivo do autor

Podemos inferir, a partir da análise dos dados mostrados no gráfico da figura 64 que na percepção dos alunos, o método de ensino/aprendizagem baseado em experimentação mostrou-se mais eficiente como ferramenta pedagógica de ensino dos assuntos em hidrostática escolhidos para compor o PE do que o método de ensino tradicional em aplicação na Unidade Escolar.

8. MINHA AVALIAÇÃO ACERCA DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Já nos primeiros contatos professor-orientador/alunos para dar início à implantação e desenvolvimento do produto educacional, presenciamos e percebemos as antigas práticas dos estudantes em relação ao ensino de Física: desinteresse e apatia em estudar os conteúdos de hidrostática necessários à compreensão dos conceitos e, pessimismo e má vontade em desenvolver as atividades experimentais que exigiriam providenciar os materiais necessários e habilidades manuais para montá-las. À medida que o produto educacional foi sendo desenvolvido, na 3ª semana de agosto quando os experimentos começaram a ser montados, percebemos uma sensível melhora no tocante à curiosidade e interesse dos escolares, não somente em relação aos conteúdos de hidrostática, mas também em relação aos assuntos de Física tratados no turno regular de aulas (ondulatória). Por ocasião dos feedbacks das devolutivas das provas quantitativas e dos questionários (avaliações qualitativas), a maioria dos alunos apresentou atitudes comportamentais bem diferentes daquelas presenciadas em bimestres anteriores em situação análoga: mostraram-se atenciosos nas explicações do professor-orientador e interessados em compreender os porquês de seus erros nas avaliações.

Do ponto de vista qualitativo, não nos resta dúvidas de que a metodologia de ensino experimentalista provocou uma mudança positiva na participação dos alunos. Em relação aos resultados quantitativos obtidos pelos alunos na segunda avaliação aplicada em novembro de 2019, em primeira análise é possível afirmar que essa metodologia de ensino produziu resultados mais satisfatórios que aqueles obtidos anteriormente com a metodologia de ensino tradicional.

9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados melhorados nas avaliações quantitativas e da observação de uma mudança positiva, ainda que pequena, dos conteúdos conceituais (o que é preciso saber), dos conteúdos procedimentais (o que é preciso saber fazer) e dos conteúdos atitudinais (os que admitem ser, o que permite que os alunos aprendam conceitos de maneira significativa na escola) dos alunos, recomendamos a disseminação dessa metodologia de ensino nas escolas. Apesar de o universo estatístico utilizado para o desenvolvimento desse produto educacional ter sido bastante reduzido, acreditamos que obtivemos dados consistentes para inferir que as atividades experimentais, quando bem planejadas e conduzidas com a devida seriedade pelo professor-

orientador e alunos, produzem resultados satisfatórios no processo de ensino-aprendizagem, diminuindo para ambos a frustração com os baixos índices de aprendizagem e melhorando a relação professor/aluno.

10 - REFERÊNCIAS

BONDÍA, J.L. **Notas sobre a experiência e o saber de experiências**. Revista Brasileira de Educação. nº.19, 2002.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, p.138, 1998.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Brasília, Ministério da Educação, 2017 - **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc-etapa-ensino-medio>>. Acesso em 15/07/2019.

CLÉMENT, É, et al. **Dicionário Prático de Filosofia**. 2 ed. Porto: Terramar, 1999.

DEWEY, John. **A Filosofia em Reconstrução**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1958

DEWEY, John. **Democracia e Educação**. 3 ed. São Paulo: Editora Nacional, 1959

FILHO, J. de P. A. **Regras da Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 17, n.2, p.174-188, ago. 2000.

FINO, C.N. (2001) **Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três Implicações Pedagógicas**. Revista Portuguesa de Educação 14 (2): 273-291. Disponível em: <<http://www3.uma.pt/carlosfino/publicacoes/11.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no Ensino de Física. Uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky**. São Paulo: LF Editorial, 1997.

- GASPAR, A.; MONTEIRO I.C.C. (2005). **Atividades Experimentais de Demonstrações em Sala de Aula: Uma Análise Segundo o Referencial da Teoria de Vygotsky**. Investigações em Ensino de Ciências 10 (2): 227-254,
http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID130/v10_n2_a2005.pdf.
- GIORDAN, M. (1999). **O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências**. Química Nova na Escola (10): 43-49.
- HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Volume 2. 5ª edição. Editora LTC, 2007.
- INSTITUTO BLAISE PASCAL: **Tecnologia e Educação**.
Disponível em: <http://www.institutopascal.org.br/visao/institucional/blaise-pascal.php> (acesso em 8/10/2019).
- LÉVY, Pierre. **As tecnologias da Inteligência. O futuro do pensamento na era da informática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- LEITE, Carlinda; TERRASÊCA, Manuela. **Ser Professor/a num contexto de reforma**. 3 ed. Porto: Asa, 2001.
- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro. **Física: volume 1/ Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Álvares**. – São Paulo: Scipione, 2009. p. 193.
- MANACORDA, M. A. **História da educação: da antiguidade aos nossos dias**. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- MARQUES, Ramiro. **A Arte de Ensinar: dos Clássicos aos Modelos Pedagógicos Contemporâneos**. Porto: Plátano, 1998.
- MODERNA, Editora. **Conteúdo digital Moderna PLUS. História da Física: As bases da Hidrostática**. Disponível em <http://www.modernaplus.com.br>. Acesso em 22/10/2019.
- MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.
- NOVA ESCOLA: <https://novaescola.org.br/conteudo/1711/john-dewey-o-pensador-que-pos-a-pratica-em-foco>. Acesso em 22/9/2019
- NUSSENZVEIG, H. Moysés, **Curso de Física Básica**, v. 2: Fluidos, Oscilações e Ondas e Calor (Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1996), 3a ed.

OZMAN, Howard A. & CRAVER, Samuel M. **Fundamentos Filosóficos da Educação.**

Porto Alegre: Artemed, 2004.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da física 2: Hidrostática, Termologia, Óptica.** 2. ed. São Paulo: Atual, 2005b. (2º ano)

SANTOS, W.M.S; DIAS, P.M.C. (2005). **A História da Física como “Organizador Prévio”**, XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Jan 24-28: 1-4.

SERAFIM, M.C. **A Falácia da Dicotomia Teoria-Prática.** Rev. Espaço Acadêmico, 7. Acesso em 04.ago.2019. Disponível em: www.espacoacademico.com.br, 2001.

SILVA, M.N.M.; FILHO, J.B.R. (2010). **O Papel Atual da Experimentação no Ensino de Física.** XI Salão de Iniciação Científica – PUCR, Aug 9-12: 903-905.

VALADARES, E.C. **Física mais que divertida. Inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados de baixo custo.** Belo Horizonte: Ed. UFMG. P. 119, 2002. Disponível em: <www.fisica.ufmg.br/divertida>. Acesso em: 22 ago. 2018.

VALADARES, E.C; MOREIRA, A.M. (1998). **Ensinando Física Moderna para o Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física 15 (2): 359-372.

VYGOTSKI, L. S. **Obras escogidas.** Madri: A. Machado Libros, 2001. Tomo II.

ZANON, D. A.V.; FREITAS, D. **A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem.** Ciências e Cognição, v. 10, n. 4, p. 93-103, 2007. Received on November 8, 2008. Accepted on January 27, 2009

WESENDONK, F.S.; PRADO, L do. **Atividade didática baseada em experimento: discutindo a implementação de uma proposta investigativa para o Ensino de Física.** Experiências em Ensino de Ciências, Bauru, v. 10, n. 1, p. 54-80, abr. 2015.

11 – Apêndice

Produto Educacional



Universidade Federal de Goiás

Regional Catalão - Unidade Acadêmica Especial de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PRODUTO EDUCACIONAL

**A HIDROSTÁTICA ENSINADA ATRAVÉS DE EXPERIMENTAÇÕES EM SALA
DE AULA**

Rivo Lopes de Medeiros

Catalão - GO
Agosto de 2020

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. A quem se destina o produto educacional | 3 |
| 2. Justificativa para o desenvolvimento do produto educacional | 4 |
| 3. Metodologia aplicada | 4 |
| 3.1. Atividades propostas para a 1ª etapa do produto educacional em agosto de 2019 | 4 |
| 3.2. Avaliações diagnósticas qualitativa (questionário) e quantitativa (prova) | 6 |
| 4. Atividades proposta para a 2ª etapa do produto educacional | 6 |
| 4.1. Roteiro de desenvolvimento das atividades da 2ª etapa | 7 |
| 4.1.1. Grupo 1: Denso D+ | 7 |
| 4.1.2. Grupo 2: Pressol | 10 |
| 4.1.3. Grupo 3: Liquipress | 14 |
| 4.1.4. Grupo 4: Pascal | 21 |
| 4.1.5. Grupo 5: PH – prensa hidráulica | 25 |
| 4.1.6. Gurpo 6: Stevin – O Teorema de Stevin | 29 |
| 4.1.7. Grupo 7: Princípio de Arquimedes | 33 |
| 4.1.8. Grupo 8: Boia-afunda | 37 |
| 5. Atividades proposta para a 3ª etapa do produto educacional | 41 |
| 6. Atividades proposta para a 4ª etapa do produto educacional | 41 |
| 6.1. Cronograma de atividades do produto educacional 4ª etapa | 42 |
| 7. Apêndice | 42 |
| 8. Referências | 50 |

1. A QUEM SE DESTINA O PRODUTO EDUCACIONAL

Este produto educacional é direcionado aos professores de Física do Ensino Médio que buscam uma forma lúdica e interativa de ensinar conceitos básicos de hidrostática que possam despertar nos alunos a curiosidade e o interesse em conhecer como e quais tecnologias presentes em seus cotidianos foram desenvolvidas aplicando-se conceitos, leis e teoremas da hidrostática.

Sua gênese foi uma grande inquietação e frustração geradas pelo crescente desinteresse demonstrado pelos alunos durante as aulas teóricas de Física e o baixo rendimento obtido em avaliações internas e externas com temas relacionados à hidrostática.

O seu desenvolvimento consistiu em montar aparatos de experimentação que exploram o tema, aliando o referencial teórico com aplicações práticas de teoremas e conceitos de hidrostática no cotidiano dos alunos, e fundamenta-se no modelo pedagógico-filosófico de John Dewey, o Pragmatismo Utilitarista, de tendência empírico-instrumentalista, a qual objetiva fazer com que a aprendizagem de todo o conhecimento leve à prática, com suporte nos conhecimentos prévios individuais e tomando em conta a experiência de cada indivíduo e o seu compartilhamento social .

Seu objetivo principal é a adoção de um procedimento pedagógico que desperte nos alunos interesse em aprender ciências ao desenvolver atividades experimentais em pequenos grupos, que lhes propicie oportunidades de levantar e refutar hipóteses, comprovar matematicamente teoremas e conceitos, manipular objetos, apresentar considerações escritas e/ou orais à cerca de um fenômeno, com vistas um ensino de Física mais eficiente e prazeroso.

A adoção de uma estratégia de ensino e suas respectivas ações metodológicas devem garantir a acessibilidade de aquisição de conhecimentos físicos a todos os educandos e assegurar a sua assimilação, além levá-los a superar o desinteresse e as dificuldades encontradas na aprendizagem dos conteúdos da Física. Em face do exposto, esse produto educacional tem como objetivo verificar o potencial pedagógico de uma proposta de ensino que explore diferentes recursos didáticos e promova uma maior participação dos alunos durante as atividades, com ênfase na montagem de aparatos de atividades experimentais de baixo custo relativos a alguns conteúdos hidrostática que julgamos relevantes.

2. JUSTIFICATIVA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Em documentos oficiais ligados à área da Educação, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a contextualização e a experimentação no ensino de Ciências é fortemente recomendada. Atividades do dia a dia oferecem possibilidades de explorar o ensino de física em sala de aula de forma mais lúdica e interativa. Partindo dessas recomendações, essa proposta de produto educacional tem o objetivo verificar a eficiência da metodologia de ensino focada na experimentação frente à metodologia tradicional (aula dialógica expositiva, livro-texto, pincel, quadro etc.). O campo de aplicação e análise dessa metodologia de ensino-aprendizagem será um grupo de oitenta alunos (quatro turmas do 2º ano do Ensino Médio) do Colégio Estadual Dr. Menezes Júnior, na cidade de Itumbiara – GO. A esses estudantes será proposta uma série de atividades experimentais abordando alguns conteúdos de hidrostática, as quais deverão ser desenvolvidas ao longo de quatro meses (agosto/2019 a novembro/2019). Os assuntos de hidrostática apresentados pelos estudantes serão: densidade, pressão em sólidos e líquidos, Teorema de Stevin, Princípio de Pascal, prensa hidráulica, Princípio de Arquimedes e condições de flutuabilidade de corpos imersos em fluidos. Ao grupo, serão aplicadas atividades avaliativas qualitativas e quantitativas, antes e depois da aplicação do produto educacional, para a coleta de dados que servirão de parâmetro de comparação de eficiência entre as duas metodologias utilizadas.

3. METODOLOGIA APLICADA

Após o retorno às aulas em agosto para o segundo semestre do ano letivo de 2019, foram propostas à direção do Colégio Estadual Dr. Menezes Júnior a implantação e desenvolvimento das atividades experimentais contidas nesse produto educacional. Diante da anuência da direção escolar e em consonância com os objetivos propostos pelos PCN's e a BNCC, foi estabelecido o cronograma a seguir, que norteou a sequência de atividades a serem realizadas.

3.1. ATIVIDADES PROPOSTA PARA A 1ª ETAPA DO PRODUTO EDUCACIONAL

As atividades propostas nessa etapa de desenvolvimento do PE ocorreram no turno regular de aulas (matutino) dos alunos e se consistiu basicamente em apresentar a proposta de seu desenvolvimento aos estudantes e das aplicações de avaliações diagnósticas qualitativas e quantitativas sobre a metodologia de ensino tradicional utilizada nas aulas de física para ensinar conteúdos de hidrostática.

Tabela 1 – Cronograma de atividades do produto educacional

| Período/duração | Atividade proposta | Objetivo(s) |
|--|--|--|
| 1ª semana 2 aulas | Apresentação da proposta do PE aos alunos. | Observar a reação da receptividade dos alunos em relação à proposta do PE. |
| 2ª semana 2 aulas | Apresentação dos conteúdos de hidrostática contidos no PE e agrupamento dos alunos em equipes de até 10 elementos. | Sondar os conhecimentos assimilados de hidrostática estudados no 1º semestre e escolher os assuntos a serem trabalhados pelos grupos. |
| 3ª semana 2 aulas 4ª semana 2 aulas | Revisional dos conteúdos de hidrostática abordados no PE. Aplicação de avaliações qualitativa (questionário) e quantitativa (objetiva). | Verificar o conhecimento de hidrostática retido pelos estudantes. Mensurar a percepção dos estudantes em relação à eficiência com o método tradicional de ensino e o rendimento em avaliações que testam os conhecimentos adquiridos. |
| Total: 8 aulas | | |

A revisão dos conteúdos abordados no PE foi feita usando a metodologia tradicional (aula dialógica expositiva baseado no livro-texto, resolução de exercícios, tira-dúvidas etc.). No decorrer das explicações dos conceitos e definições foram mostradas imagens de máquinas e equipamentos cujos princípios de funcionamentos estão ligados à hidrostática. Em seguida foram distribuídas listas de exercícios para serem resolvidas em grupos de até cinco alunos para sondar os conhecimentos assimilados e retidos.

O primeiro questionário (avaliação qualitativa) sobre a percepção dos estudantes em relação à eficiência da metodologia de ensino tradicional e a primeira avaliação diagnóstica quantitativa foram aplicadas, corrigidas e posteriormente devolvidas aos alunos junto àquelas que foram aplicadas após o desenvolvimento do produto educacional, seguidas de um feedback sobre os resultados obtidos nas duas avaliações diagnósticas quantitativas aplicadas.

3.2. AVALIAÇÕES DIAGNÓSTICAS QUALITATIVA (QUESTIONÁRIO) E QUANTITATIVA (PROVA)

Concluída a 1ª etapa do PE, foram aplicadas avaliações qualitativas (apêndice), através de um questionário para diagnóstico da percepção do estudante da eficiência das metodologia de ensino aplicada nas aulas de física e quantitativa, para mensurar o nível de compreensão e assimilação de conhecimentos de hidrostática) a todos os estudantes envolvidos com o desenvolvimento do PE na unidade escolar.

As avaliações diagnósticas qualitativa e quantitativa foram aplicadas em agosto de 2019, e tiveram como objetivos avaliar a qualidade e eficácia da metodologia de ensino voltada para a experimentação frente à metodologia de ensino tradicional e mensurar o grau de apreensão dos conceitos estudados antes e depois da montagem e da realização dos experimentos.

Durante a avaliação quantitativa os alunos não puderam utilizar nenhuma fonte de consulta referente aos conteúdos de hidrostática e nenhum instrumento eletrônico de cálculo. A atividade foi realizada individualmente com duração de 1 hora-aula. A avaliação qualitativa seguiu os mesmos critérios e teve mesmo tempo para a sua realização.

Depois de mensurados os resultados das avaliações aplicadas ao grupo, os dados de desempenho serviram de parâmetro de comparação da eficiência de uma metodologia de ensino em relação à outra.

4. ATIVIDADES PROPOSTA PARA A 2ª ETAPA DO PRODUTO EDUCACIONAL

As atividades propostas para a 2ª etapa ocorreram no contraturno (período vespertino), às segundas, quartas e quintas-feiras, durante todo o mês de setembro de 2019, haja vista elas demandaram mais tempo e recursos para ficaram prontas. Cada grupo teve três encontros obrigatórios de uma hora (1 hora-aula) agendados com o professor-orientador para dirimir dúvidas sobre o conteúdo, orientações sobre a montagem dos experimentos, apresentação dos seminários e como usar o simulador de experimentos PhET Simulations. Se necessário, os grupos podiam solicitar mais encontros com o professor-orientador desde que não houvesse prejuízos aos agendamentos dos demais grupos. Em média, cada grupo precisou de quatro encontros dessa natureza (4 horas-aula) para finalizar essa etapa do produto educacional. Essa etapa teve duração de 14 horas-aula. Por iniciativa própria, após se agruparem e escolherem os assuntos de seus experimentos, os estudantes nomearam seus grupos com os seguintes nomes:

- Grupo 1: Denso D+ escolheu o assunto densidade.
- Grupo 2: Pressol escolheu o assunto pressão exercida por corpos sólidos.
- Grupo 3: Pascal escolheu o assunto Princípio de Pascal.
- Grupo 4: Liquipress escolheu o assunto pressão exercida por um fluido.
- Grupo 5: Boia/afunda escolheu o assunto condições de flutuabilidade de corpos.
- Grupo 6: PH escolheu o assunto prensa hidráulica.
- Grupo 7: Stevin escolheu o assunto Teorema de Stevin.
- Grupo 8: Arquimedes escolheu o Princípio de Arquimedes.

4.1. ROTEIRO DE DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DA 2ª ETAPA

4.2.1 - Grupo 1: Denso D+

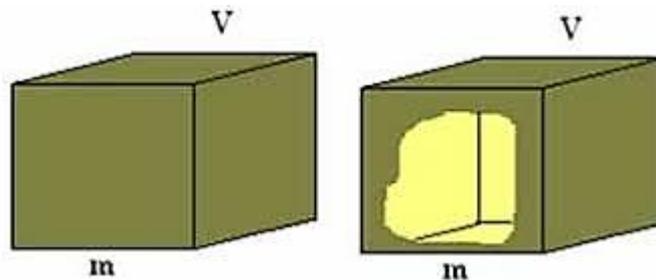
Conceitos e definições: massa específica e densidade¹

CONTEÚDO DIGITAL MODERNA PLUS <http://www.modernaplus.com.br>. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: DETERMINAÇÃO APROXIMADA DE DENSIDADE¹

No estudo da mecânica dos fluidos, há duas grandezas importantes: **densidade** e **pressão**. Assim, antes de estudar as leis que regem o comportamento dos fluidos, você precisa entender essas duas grandezas, começando aqui pela **densidade**.

Vamos considerar um corpo de massa **m** e volume **V**.

Figura 1 – Corpo sólido e corpo oco de mesmo volume



Fonte da imagem: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/massa-especifica-ensidade.html>

Podemos definir matematicamente a densidade desse corpo através da relação:

$$d = \frac{m}{V}$$

¹ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

Podemos dizer que a razão $\frac{m}{V}$ de um objeto nos informa a quantidade de massa contida por unidade de volume. Por exemplo: um objeto de densidade $2,5 \text{ g/cm}^3$, tem em média $2,5 \text{ g}$ para cada 1 cm^3 de seu volume. Esse é o significado físico de densidade. Se o objeto for constituído por uma única substância, conhecida a sua densidade podemos identificá-la a partir de tabelas de densidades padronizadas.

Na equação acima, V é o volume total do corpo, seja ele maciço ou oco, como mostra a figura acima. Caso o corpo analisado seja maciço e homogêneo, como, por exemplo, um cubo de metal, ou um tijolo, a densidade pode ser chamada de massa específica – sendo representada pela letra grega μ (μ) – do material do qual é feito o corpo.

$$\mu = d = \frac{m}{V}$$

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de massa específica ou densidade é o kg/m^3 , mas frequentemente são usadas as unidades g/cm^3 e kg/L . Portanto, podemos escrever:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{1 \text{ kg}}{\text{L}} = \frac{10^3 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

Materiais necessários para medir a densidade de um objeto

- ✓ Objetos de formas e massas variadas;
- ✓ Dinamômetro graduado em kgf e em newton
- ✓ Recipiente graduado para medir o volume do objeto;
- ✓ Calculadora eletrônica.

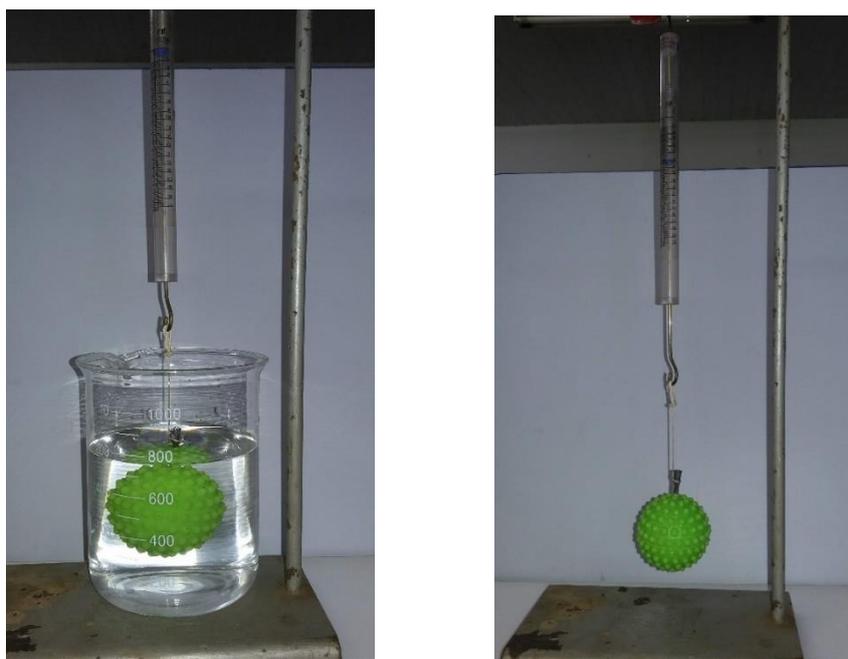
Figura 2 – Materiais diversos



Procedimentos de montagem:

- ✓ Para se obter o volume de um objeto de formato irregular, coloque água no recipiente graduado, insira totalmente o objeto na água e anote o volume indicado;
- ✓ Retire-o da água e o pendure na extremidade do dinamômetro para medir a sua massa;
- ✓ Utilize a calculadora para obter densidade do objeto, usando a equação $d = \frac{m}{V}$;
- ✓ Repita o procedimento para cada objeto que quiser saber a densidade.

Figura 3 – Medição de volume e massa de um objeto



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

4.2.2 - Grupo 2: Pressol

Conceito de pressão mecânica

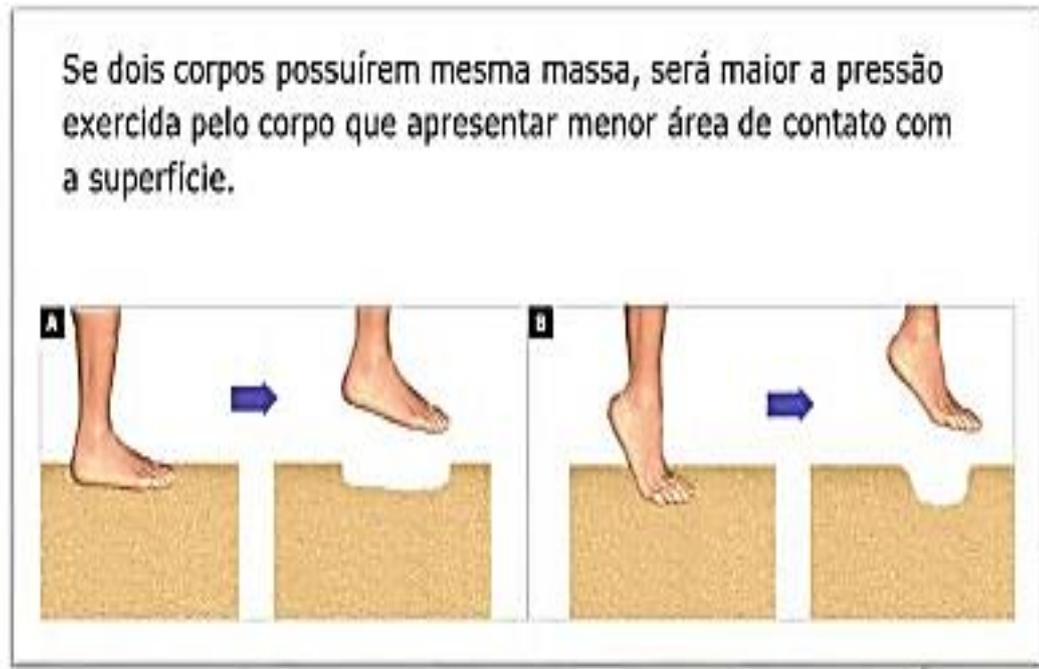
CONTEÚDO DIGITAL MODERNA PLUS <http://www.modernaplus.com.br>.

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: PRESSÃO MECÂNICA ²

A grandeza dada pela relação entre a intensidade da força que atua perpendicularmente e a área em que ela se distribui é chamada de pressão mecânica (p). Observe que a força (o peso de uma pessoa apoiada sobre um pé) exerce maior pressão no segundo caso (B), onde a área é menor.

² Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

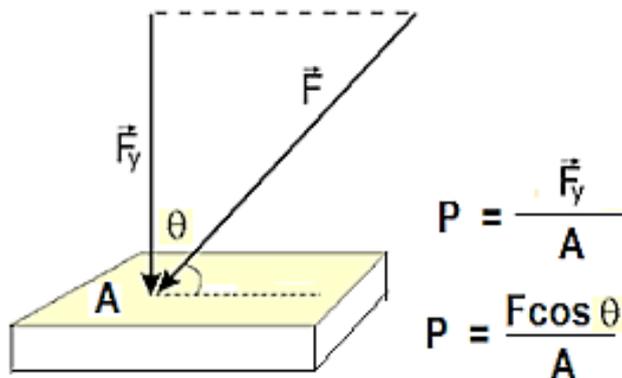
Figura 4 – Pressão mecânica



Fonte da imagem: <https://escolaeducacao.com.br/pressao-mas-o-que-e-pressao/grandeza-fisica/>

Assim, sendo F a intensidade da resultante das forças distribuídas perpendicularmente em uma superfície de área A , a pressão p é dada pela relação:

Figura 5 – Componentes retangulares de uma força oblíqua a uma superfície



Fonte da imagem: <https://escolaeducacao.com.br/pressao-mas-o-que-e-pressao/grandeza-fisica/>

A unidade de pressão no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o newton por metro quadrado (N/m^2), também denominada pascal (Pa). Eventualmente são usadas as unidades dina por centímetro quadrado (dyn/cm^2) e bar. As relações entre essas unidades são:

$$1 \text{ Pa} = 10 \text{ dyn}/\text{cm}^2 = 1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyn}/\text{cm}^2 = 10^5 \text{ Pa}$$

Materiais necessários:

- ✓ Balança de solo;
- ✓ Calculadora eletrônica;
- ✓ Trena;
- ✓ Mural com as principais figuras planas e fórmulas de cálculos de suas áreas;
- ✓ Tábua de pregos;
- ✓ Balões de borracha infláveis.

Figura 6 – Balança, calculadora, trena



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ Medir a massa do objeto usando a balança digital ou um dinamômetro;
- ✓ Escolher a face do objeto na qual deseja apoiá-lo e medir as suas dimensões;
- ✓ Calcular a área da face de apoio;
- ✓ Utilizar a calculadora e a relação $p = \frac{F}{A}$ para calcular a pressão exercida pelo objeto contra a superfície de contato.

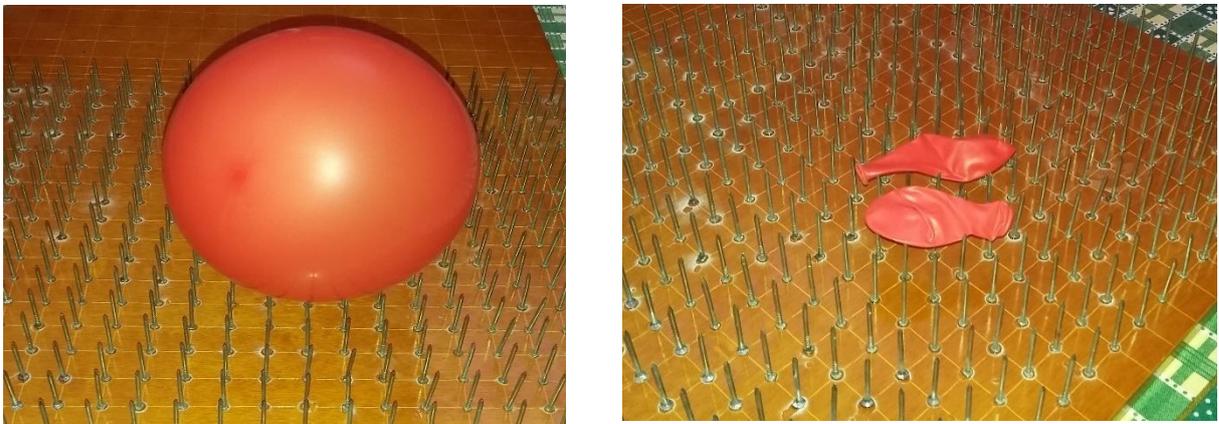
Figura 7 – Medição da massa de um objeto



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Utilizando a tábua de pregos para demonstrar o conceito de pressão mecânica

Figura 8 – Tábua de pregos e balão de borracha



Fonte das imagens: arquivo pessoal ao autor

- ✓ Pressionar balões de borracha inflados contra os pregos;

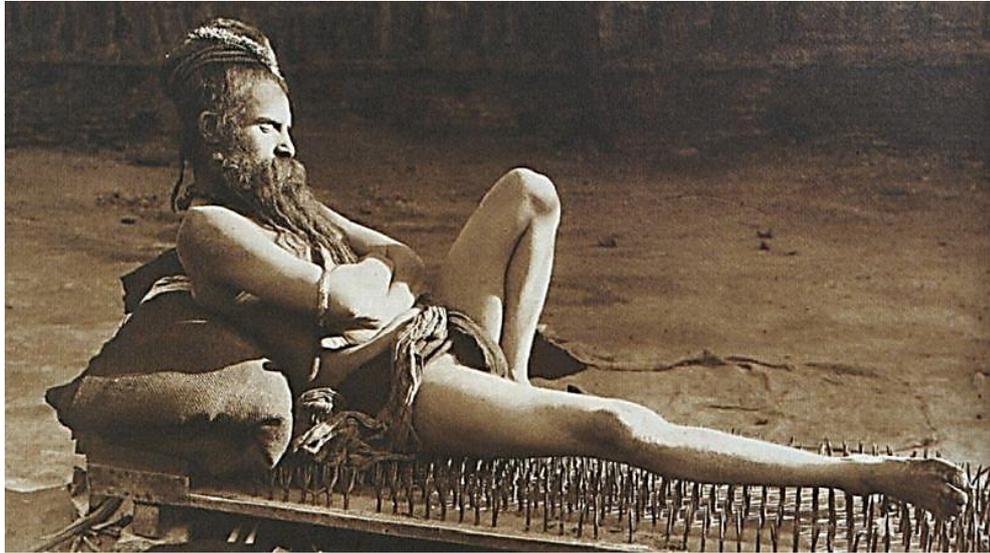
Figura 9 – Balão de borracha inflado pressionado contra pregos



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Incentive o público assistente a emitir opiniões do porquê os balões não estourarem apesar de empurrados contra as pontas dos pregos;
- ✓ Mostrar imagens projetadas de antigos faquires indianos deitados em camas de pregos;

Figura 10 – faquir indiano sobre cama de pregos



Fonte da imagem: <https://www.google.com/contosassombrosos.blogspot.com/faquir-e-seus-segredos>

- ✓ Sentar-se ou ficar de pé na tábua e estimular pessoas voluntárias do público assistente a fazerem o mesmo, para sentirem a sensação da pressão aplicada pelos pregos;
- ✓ Explicar em seguida o conceito de hidrostática aplicada àquela situação, dando-lhe uma explicação racional.

Figura 11 – Sentado e em pé em uma tábua de pregos



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

4.2.3 - Grupo 3: Liquepress

Conceito de pressão atmosférica

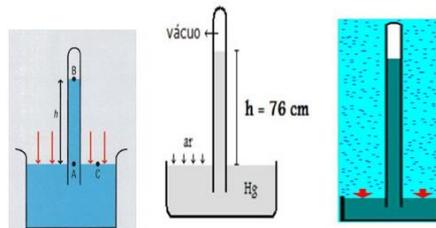
Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>. Atividades experimentais: Estudo da pressão atmosférica.³

Acima de cada ponto da superfície terrestre, podemos considerar que há uma coluna de ar exercendo pressão — a chamada pressão atmosférica. Quem evidenciou esse fato pela primeira vez foi o cientista italiano Evangelista Torricelli, ao realizar a seguinte experiência ao nível do mar: encheu com mercúrio, até a borda, um tubo de vidro com 100 cm de comprimento. Tapou a extremidade aberta e inverteu o tubo num recipiente com mercúrio. Ao destapar o tubo verificou que a coluna de mercúrio atingia a altura de 76 cm, restando o vácuo acima do mercúrio, região denominada câmara barométrica.

Figura 12 - Experiência de Evangelista Torricelli



Torricelli (1608-1647), físico italiano, mediu pela 1ª vez a pressão atmosférica.



A pressão no tubo é equilibrada pela pressão exterior

Fonte da imagem: <https://profes.com.br/Rafaela.a.f/blog/experimento-de-torricelli>

Torricelli concluiu da experiência que a pressão do ar sobre a superfície livre do mercúrio no recipiente era igual à pressão dos 76 cm de mercúrio contidos no tubo.

Torricelli concluiu da experiência que a pressão do ar (pressão atmosférica) sobre a superfície livre do mercúrio no recipiente era igual à pressão dos 76 cm de mercúrio (pressão da coluna) contidos no tubo. Daí, ele concluiu que

$$p_{atm} = p_{coluna}$$

³ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

Nas unidades práticas de pressão, a pressão atmosférica ao nível do mar vale:

$$p_{atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), temos:

$$p_{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

A pressão atmosférica depende da altitude do local e atua em todas as direções e em todas as partes do corpo. Por exemplo, a pressão atmosférica na cidade de Salvador - BA é maior que a pressão atmosférica em Campos do Jordão - RJ. Esse fato pode ser explicado com base no teorema de Stevin: sobre cidade de Salvador, ao nível do mar, a coluna de ar é maior do que sobre Campos do Jordão, situada 1 628 metros acima do nível do mar. Tendo em vista que a pressão atmosférica ao nível do mar é suficiente para sustentar uma coluna de mercúrio com 76 cm de altura, define-se outra unidade de pressão, denominada atmosfera (atm). Assim, uma atmosfera é a pressão hidrostática que exerce na sua base uma coluna de mercúrio com 76 cm de altura, a 0 °C e num local onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Assim:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

Quando a pressão atmosférica é igual a 1 atmosfera, ela é denominada pressão normal:

$$p_{normal} = 1 \text{ atm}$$

Ao nível do mar, a pressão atmosférica é igual, em média, à pressão normal. O manômetro usado para medir a pressão atmosférica é denominado barômetro.

Figura 12 – Manômetro digital



Fonte da imagem: <https://www.indiamart.com/proddetail/digital-pressure-gauge>

Materiais necessários:

- ✓ Prato de louça transparente fundo;
- ✓ Vela;

- ✓ Caixa de fósforos;
- ✓ 1 pote de vidro;
- ✓ Garrafa de plástico de 600 ml;
- ✓ Pedaco de plástico rígido transparente 10 cm x 10 cm;

Figura 13 – Pote de vidro, vela, prato e caixa de fósforos



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

Pressão atmosférica atuando na superfície livre de um líquido

- ✓ Fixar a vela ao fundo do prato;
- ✓ Encher o prato com água até atingir meia-altura da vela;

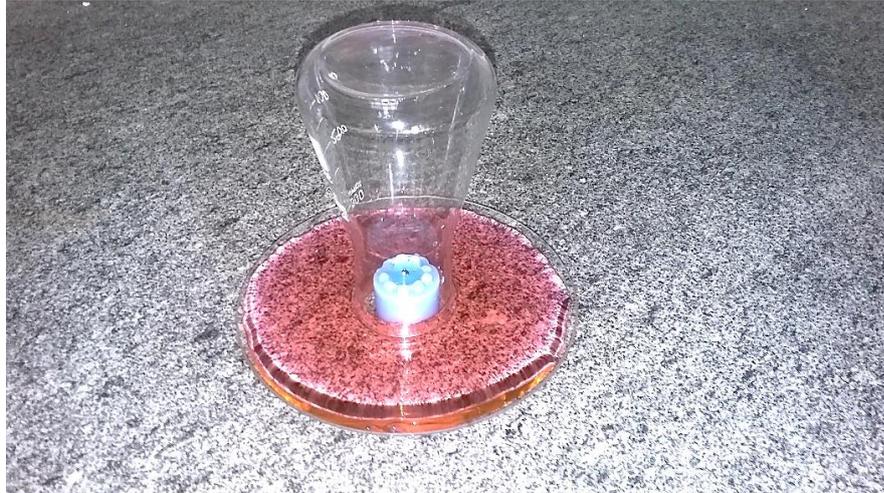
Figura 14 – Pote de vidro, vela e prato com água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Emborcar o pote sobre a vela apagada e assinalar o nível de água em seu interior;

Figura 15 – Pote de vidro emborcado no prato com água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Retire o pote, acenda a vela e aguarde a chama atingir seu tamanho máximo;

Figura 16 – Pote de vidro, prato com água e vela acesa

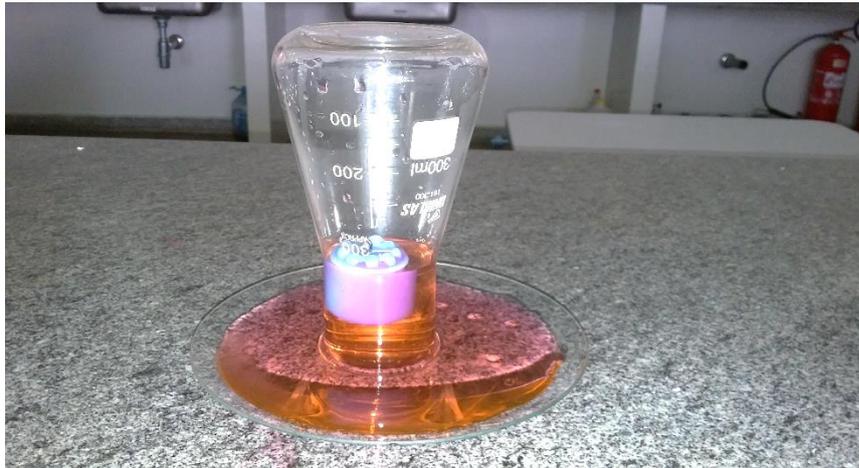


Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Em seguida emborque novamente o pote sobre a vela e aguarde sua chama se extinguir completamente;
- ✓ Observe o que acontece com o nível da água no prato e no interior do pote: ela deverá baixar no prato e subir em seu interior. Assinale o nível atingido.
- ✓ Quando o nível de água no interior do pote se estabilizar, ocorreu o equilíbrio entre as

pressões interna e externa.

Figura 17 – Pote de vidro emborcado no prato com água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Pressão atmosférica atuando no objeto em todas as direções

- ✓ Encha o pote de vidro até 3/4 de seu volume;
- ✓ Coloque o pedaço de plástico sobre a boca do pote, pressione-o levemente com a mão e vire-o de boca para baixo;

Figura 18 – Pressão atmosférica atuando para cima na tampa do pote com 3/4 de seu volume



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Retire a mão cuidadosamente e observe o que acontece com plástico e com a água;
- ✓ Repita os procedimentos com o pote totalmente cheio de boca para baixo.

Figura 19 – Pressão atmosférica atuando para cima na tampa

do pote totalmente cheio



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Repita o experimento com o pote totalmente cheio colocado na horizontal.

Figura 20 – Pressão atmosférica atuando na tampa do pote na direção horizontal



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Uma variação do experimento

- ✓ Coloque uma pequena quantidade de água no prato e emborque a garrafa. A água é mantida em seu interior pela pressão atmosférica atuante na superfície da lâmina d'água no prato.

Figura 21 – Pressão atmosférica equilibra uma coluna de líquido no interior da garrafa



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

4.2.4 - Grupo 4: Pascal

O princípio de Pascal

CONTEÚDO DIGITAL MODERNA PLUS <http://www.modernaplus.com.br>

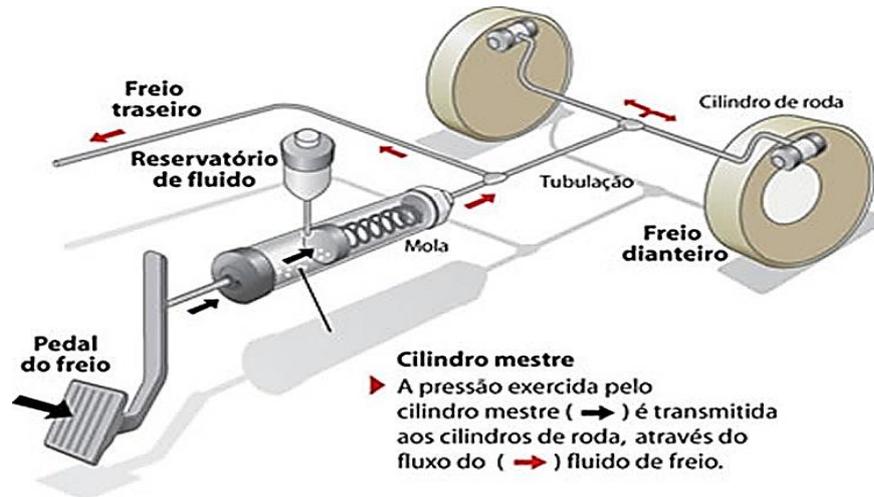
*HISTÓRIA DA FÍSICA: AS BASES DA HIDROSTÁTICA*⁴

Quando uma força externa é exercida sobre um ponto de um líquido em equilíbrio ocorre um acréscimo (aumento) da pressão nesse ponto. Esse aumento na pressão se transmite a todos os pontos do líquido. É o que ocorre, por exemplo, no freio hidráulico (freio a disco) de um automóvel, no qual a pressão exercida pelo motorista no pedal se transmite até as rodas através de um líquido (óleo). Esse fato é conhecido como Princípio de Pascal.

“Os acréscimos de pressão sofridos por um ponto de um líquido em equilíbrio são transmitidos integralmente a todos os pontos do líquido e das paredes do recipiente que o contém.”

⁴ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

Figura 22– Esquema de um freio hidráulico veicular



Fonte da imagem: <https://www.carroemdia.com.br>

A diferença de pressão entre dois pontos quaisquer de um fluido em equilíbrio estático deve ser igual.

$$\Delta P_1 = \Delta P_2$$

É possível realizar diversos experimentos para observar o efeito do princípio de Pascal sobre os fluidos. Um deles consiste em assoprar continuamente em um cano inserido em uma garrafa fechada, na qual contêm tubos abertos e de mesmo diâmetro conectando o fluido em seu interior com o meio exterior. Quanto mais ar for bombeado para dentro da garrafa, maior será a pressão em seu interior, portanto, maior será a coluna de líquido formada nos tubos. É dessa forma que funcionam as bombas de pressão utilizadas em recipientes para borrifar líquidos.

Figura 23 – Borrifador para jardinagem e bomba de remédio para asma

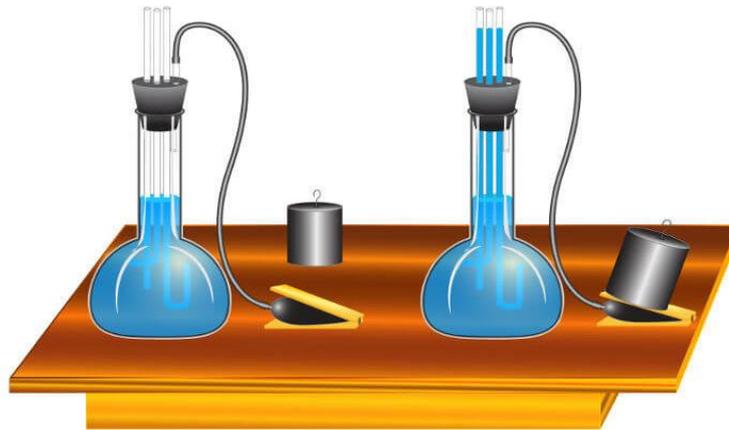


Fonte da imagens: <https://www.google.com/search?q=bombinha+de+asma+tipos>

Independente da direção ou da profundidade em que a extremidade inferior desses tubos estiver inserida, o líquido no interior de cada um deles deverá alcançar a mesma altura, já que todos estarão sujeitos a mesma pressão.

Por meio desse experimento, é possível visualizar que a transmissão de pressão em fluidos ocorre de forma igual em todas as direções.

Figura 23 – Modelo de aparato de experimento do Princípio de Pascal



Fonte da imagem: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-de-pascal.htm>

Materiais necessários:

- ✓ Pote de vidro com tampa;
- ✓ Água e corante;
- ✓ Seringa de injeção com bico de agulha rosqueada;
- ✓ Mangueira de borracha (garrote);
- ✓ Três canudos de plástico transparente ou de vidro;
- ✓ Pistola de cola quente ou bisnaga pequena de cola de silicone;

Figura 24 – Pote de vidro, cola de silicone, seringa e canudos de vidro

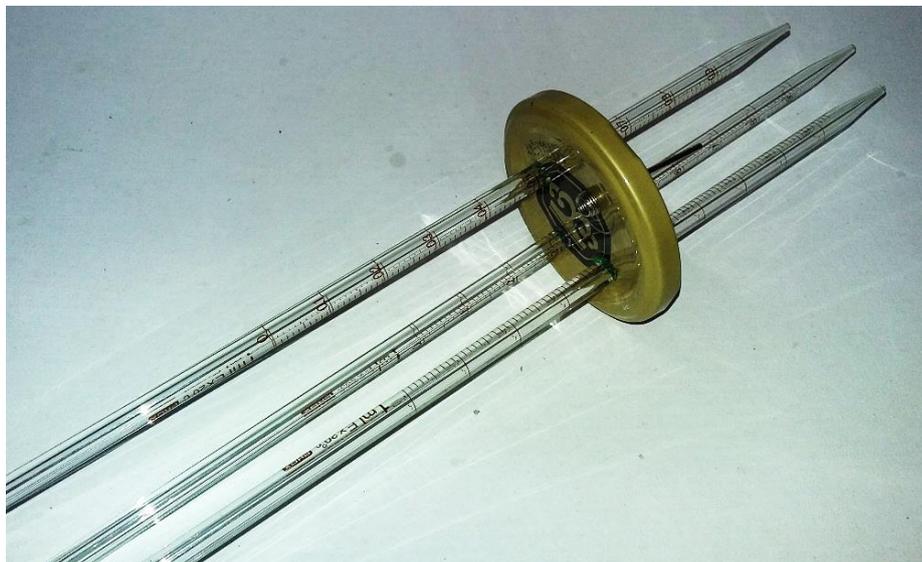


Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ Faça 3 furos na tampa do pote, como diâmetros compatíveis com os dos canudos e bico da seringa;
- ✓ Passe os canudos pelos furos e faça a vedação com cola quente ou silicone. Espere secar totalmente, rosqueie o bico da seringa na tampa e verifique se não há vazamentos.

Figura 25 – Canudos de vidro fixados na tampa do pote de vidro



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Coloque água com corante no pote, coloque a tampa e verifique se não há vazamento;

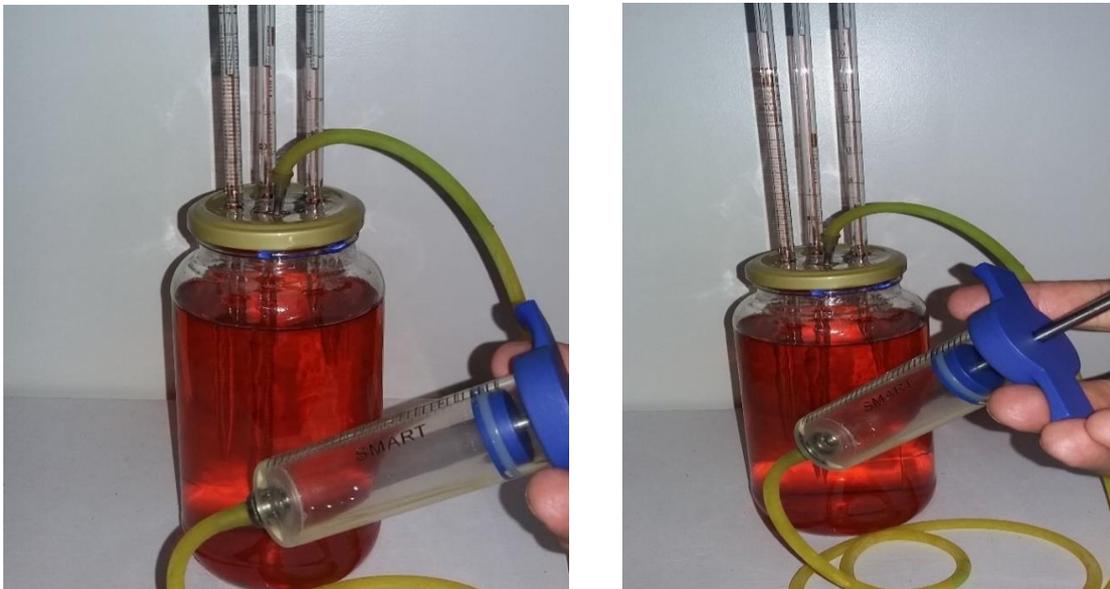
Figura 26 - Aparato de experimentação montado



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Acione a seringa para injetar/retirar ar do interior do pote e verifique o que ocorre com o nível de água no interior nos tubos.
- ✓ Repita o procedimento anterior quantas vezes forem necessárias para atingir o objetivo pretendido.

Figura 27 - Aparato de experimentação em uso



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

4.2.5 - Grupo 5: PH – prensa hidráulica

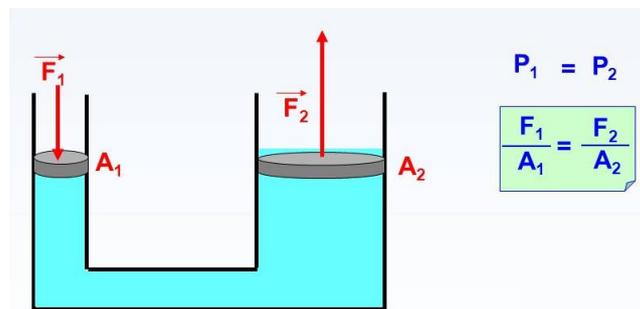
Prensa hidráulica

Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>

*História da Física: As bases da Hidrostática*⁵

Outra importante aplicação do princípio de Pascal é a prensa hidráulica, que consiste em dois recipientes cilíndricos de diâmetros diferentes, ligados pela base e preenchidos por um líquido homogêneo mostrado na figura abaixo. Sobre o líquido são colocados dois êmbolos, cujas seções têm áreas A_1 e A_2 diferentes ($A_1 < A_2$).

Figura 28 – Esquema simplificado de uma prensa hidráulica



Fonte da imagem: <https://www.google.com/search?q=teorema+de+pascal+prensa+hidraulica&sxsrf>

Aplicando no êmbolo menor uma força F_1 , o líquido fica sujeito a um acréscimo de pressão $p_1 = \frac{F_1}{A_1}$. Como a pressão se transmite integralmente através do líquido, o êmbolo

maior fica sujeito ao acréscimo de pressão $p_2 = \frac{F_2}{A_2}$, igual à pressão p_1 . Portanto:

$$p_1 = p_2 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

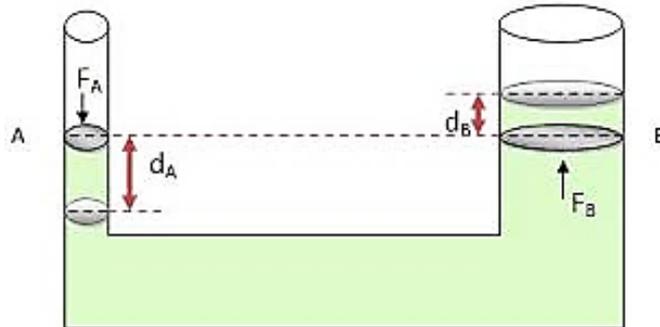
Portanto, as intensidades das forças aplicadas são diretamente proporcionais às áreas dos êmbolos. Por exemplo, se a área A_2 for dez vezes maior que a área A_1 , a força F_2 terá intensidade dez vezes maior que a intensidade da força F_1 .

⁵ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

Em cada operação da prensa, o volume de líquido (V) deslocado do recipiente menor passa para o recipiente maior. Chamando de d_A e d_B os deslocamentos respectivos dos dois êmbolos, cujas áreas são A_1 e A_2 na figura abaixo, podemos escrever:

$$V = d_A A_1 \quad \text{e} \quad V = d_B A_2$$

Figura 29 – Forças e deslocamentos dos êmbolos



Fonte da imagem: <https://www.google.com/search?q=teorema+de+pascal+prensa+hidraulica&sxsrf>

Assim:

$$h_1 A_1 = h_2 A_2$$

Portanto, numa prensa hidráulica, os deslocamentos sofridos pelos êmbolos são inversamente proporcionais às suas áreas. Em outros termos, o que se ganha na intensidade da força perde-se no deslocamento do êmbolo. Nas aplicações práticas da prensa hidráulica, como nos pistões de um guindaste e o elevador hidráulico de um posto de serviços, o deslocamento total d_A que o êmbolo menor deveria sofrer é subdividido em vários deslocamentos menores e sucessivos, por meio de válvulas convenientemente colocadas. Ao final, para início de uma nova operação, o líquido do tubo maior retorna ao reservatório, mediante a abertura de válvulas.

Figura 30 – caminhão basculante e macaco hidráulico



Fonte da image: ntguindaste.com.br

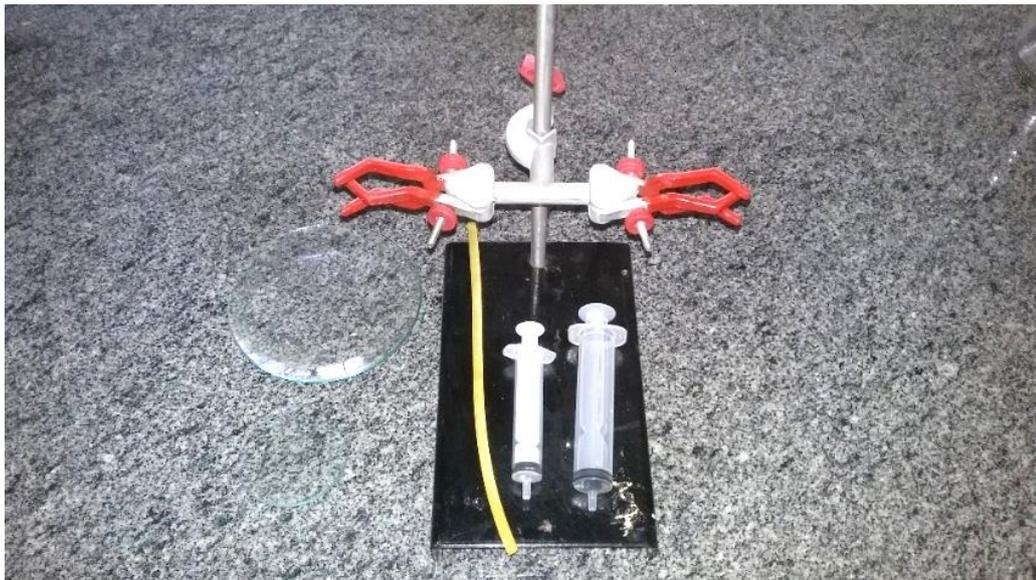


Fonte da imagem: alunosonline.uol.com.br

Materiais necessários:

- ✓ Duas seringas de injeção de 10 mL e de 20 mL;
- ✓ Conjunto de garras metálicas;
- ✓ Pedestal de ferro;
- ✓ Água colorida;
- ✓ Mangueira de borracha
- ✓ Duas bandejas de vidro.

Figura 31 – Pedestal, garras e seringas



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ Coloque água colorida no interior das seringas até a metade de seus volumes;
- ✓ Conecte a mangueira de borracha às saídas de ambas as seringas;
- ✓ Coloque-as no suporte e dê aperto suficiente com as garras metálicas;
- ✓ Fixe com cola instantânea as bandejas de vidro.

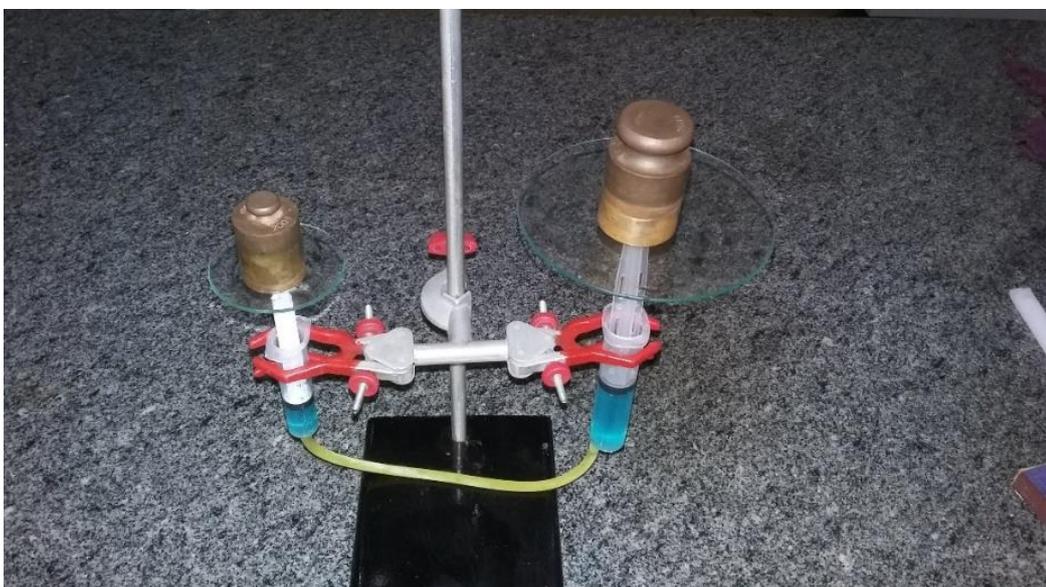
Figura 32 – Experimento de prensa hidráulica montado



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Verifique o funcionamento empurrando ou puxando os êmbolos das seringas;
- ✓ Posicione um objeto de 1 kg sobre a bandeja do êmbolo maior e empurre o êmbolo menor.
- ✓ Repita os procedimentos várias vezes em êmbolos diferentes para tirar conclusões.

Figura 33 – Experimento de prensa hidráulica em uso



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

4.2.6 - Grupo 6: Stevin - O teorema de Stevin

O teorema de Stevin

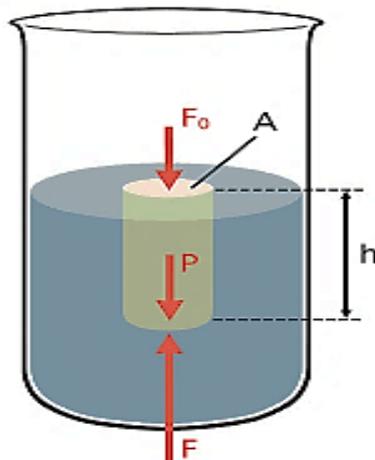
Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>

*História da Física: As bases da Hidrostática*⁶

Considere um líquido de densidade d , homogêneo e incompressível, em equilíbrio. Imagine uma porção desse líquido com a forma de um cilindro reto de altura h e cujas bases tenham área A , estando a base superior exatamente na superfície livre do líquido. Na base superior atua a força F_0 , exercida pelo ar existente sobre o líquido, e, na base inferior, a força hidrostática F . Seja P o peso do cilindro líquido. Como há equilíbrio, podemos escrever:

$$F = F_0 + P$$

Figura 34 – Porção de um líquido em forma de cilindro



Fonte da imagem: <http://www.modernaplus.com.br>

Mas o peso do cilindro líquido vale:

$$P = mg = dVg = dAhg$$

Assim:

$$F = F_0 + dAhg$$

Dividindo-se todos os termos da equação anterior pela área A da base, vem:

$$\frac{F}{A} = \frac{F_0}{A} + \frac{dAhg}{A}$$

⁶ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

Mas, $\frac{F_0}{A} = p_A$ é a pressão exercida pelo ar na base superior e $\frac{F}{A} = p_B$ é a pressão na base inferior do cilindro. Logo:

$$p_B = p_A + dhg$$

Essa fórmula exprime o teorema de Stevin. A pressão em um ponto situado à profundidade h no interior de um líquido em equilíbrio é dada pela pressão na superfície, exercida pelo ar (p_A), chamada pressão atmosférica, somada à pressão exercida pela coluna de líquido situada acima do ponto e expressa pelo produto dgh .

Materiais necessários:

- ✓ Garrafa de plástico descartável de 2,5 L;
- ✓ Recipiente retangular de plástico, metal ou vidro de 2,5 L;
- ✓ Água e corante;
- ✓ Objeto perfurante para fazer furos na garrafa;
- ✓ Parafina.

Figura 35 - Garrafa plástica, bandeja de plástico e ponte de vidro



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem

- ✓ Com o objeto perfurante faça 3 furos de 2 mm de diâmetro alinhados ao longo da garrafa, a $1/4$, $1/2$ e $3/4$ de altura em relação à base;

Figura 36 - Garrafa plástica perfurada



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Vede os furos com parafina derretida e encha totalmente a garrafa com água colorida;

Figura 37 – Garrafa perfurada com furos vedados com parafina



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Coloque-a sobre uma base e posicione o recipiente coletor de água;
- ✓ Explique o Teorema de Stevin e em seguida faça a demonstração retirando a parafina dos três furos simultaneamente;

Figura 38 - Água jorrando dos furos com pressão diferentes



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Para agilizar as demonstrações, deixe pelos menos três garrafas semelhantes prontas para uso.
- ✓ Repita os procedimentos quantas vezes forem necessárias.

4.2.7 Grupo 7: Princípio de Arquimedes

CONTEÚDO DIGITAL MODERNA PLUS <http://www.modernaplus.com.br>

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: ESTUDO DO TEOREMA DE ARQUIMEDES⁷

Quando uma pessoa está mergulhada nas águas de uma piscina ou no mar, sente-se mais leve, como se o líquido estivesse empurrando seu corpo para cima, aliviando seu peso. Ao que se sabe, foi o sábio grego Arquimedes de Siracusa quem pela primeira vez teve a percepção desse fato.

Segundo relato do arquiteto romano Vitruvius, ele teria chegado a essa conclusão durante um banho nas termas públicas da cidade em que vivia. Entusiasmado com a descoberta, o cientista teria saído nu pelas ruas, exclamando: “Eureka! Eureka!” (“Descobri! Descobri!”).

⁷ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

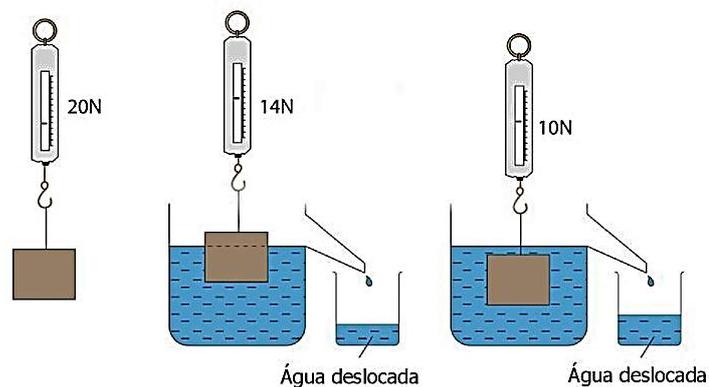
Figura 39 – A corrida de Arquimedes após descobrir o empuxo



Fonte da imagem: <http://principiultimo.blogspot.com/2014/>

A verificação da existência de uma força com que o líquido atua sobre um corpo nele mergulhado pode ser feita com o auxílio de um dinamômetro conforme mostra a figura a seguir.

Figura 40 - Comprovação do Teorema de Arquimedes



Fonte da imagem: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/teorema-de-arquimedes>

Na figura 40, o corpo imerso no líquido parece pesar menos do que quando está fora dele. A conclusão é que o líquido deve necessariamente estar exercendo no corpo uma força E de direção vertical, de sentido para cima, provocando uma leitura no dinamômetro diferente do peso real do corpo. A essa força E que o líquido exerce no corpo imerso dá-se o nome de empuxo.

Conclusão: o corpo imerso desloca uma quantidade de água. O peso do volume de água deslocado equilibra o empuxo, pois o equilíbrio foi restituído, colocando-se esse volume de água para outro recipiente vazio. Chegaremos ao mesmo resultado se refizermos a experiência inúmeras vezes e para diversos sólidos de formas e naturezas diferentes, imersos total ou parcialmente em água ou em outro líquido. O líquido exercerá no corpo uma força E (empuxo) vertical para cima, de intensidade igual ao peso do líquido deslocado. Essa conclusão é válida para corpos imersos em fluidos em geral, líquidos ou gases. Existe, por exemplo, empuxo devido à água, ao ar etc. Esse fenômeno é descrito pelo teorema de Arquimedes:

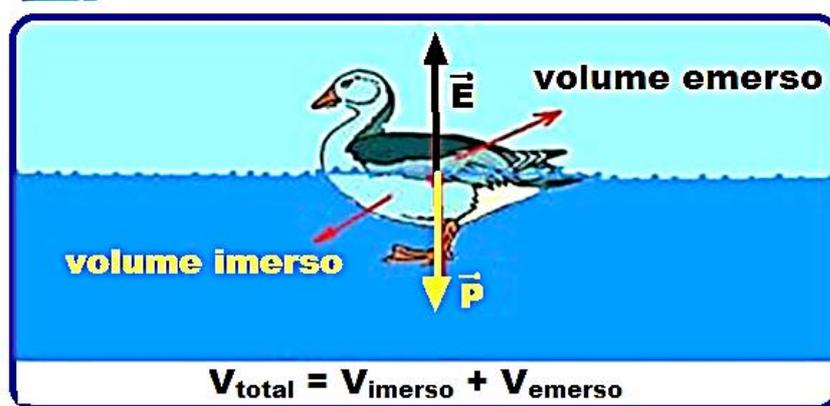
CONTEÚDO DIGITAL MODERNA PLUS <http://www.modernaplus.com.br>

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: ESTUDO DO TEOREMA DE ARQUIMEDES⁸

“Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio recebe uma força de direção vertical e sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.”

O volume de água deslocado é o próprio volume do corpo se ele estiver totalmente imerso. Se o corpo está flutuando com parte fora da água, o empuxo corresponde ao peso volume de água que a parte imersa consegue deslocar. O volume do fluido deslocado corresponde ao volume imerso do corpo.

Figura 41- Esquema de forças e volumes no corpo de pato flutuando na água



Fonte da imagem: <https://www.fisicaevestibular.com.br>

⁸ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo

Logo, a intensidade do empuxo é dada por:

$$E = P_f = m_f g$$

Sendo d_f a densidade e V_f o volume do fluido deslocado, decorre:

$$d_f = \frac{m_f}{V_f} \Rightarrow m_f = d_f V_f$$

Portanto:

$$E = P_f = m_f g \Rightarrow E = d_f V_f g$$

Materiais necessários:

- ✓ Dinamômetro;
- ✓ Recipiente com graduação volumétrica;
- ✓ Objetos de massas e formas variadas.

Figura 42 – Materiais para realizar experimento sobre o empuxo

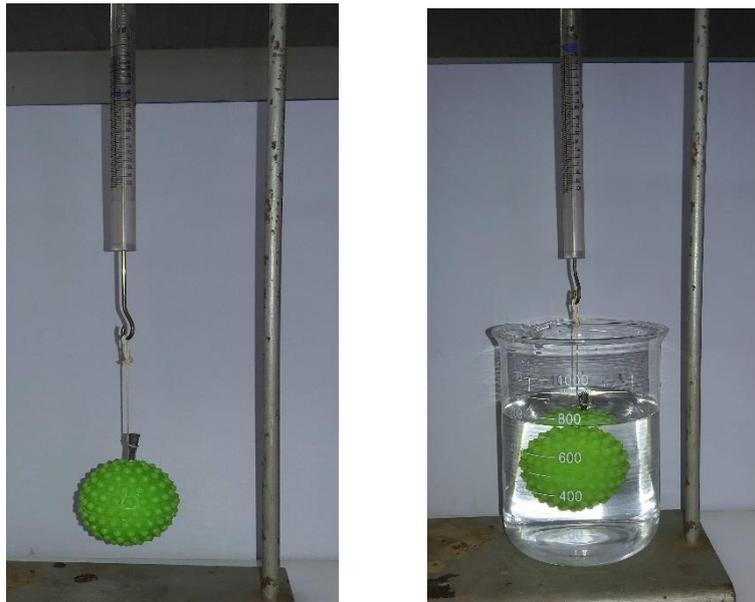


Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ Pendure na extremidade do dinamômetro cada objeto que quiser medir peso real;
- ✓ Insira na água o objeto pendurado no dinamômetro para encontrar o peso aparente e o volume;

Figura 43 – Medição da massa e do volume de um corpo



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

- ✓ Encontre a diferença entre o peso real e o peso aparente de cada objeto;
- ✓ A diferença entre os pesos é a medida do empuxo exercido pela água.

4.2.8 - Grupo 8: Boia-afunda

Condições de flutuação de um corpo: empuxo e o princípio de Arquimedes

CONTEÚDO DIGITAL MODERNA PLUS <http://www.modernaplus.com.br>

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: ESTUDO DO TEOREMA DE ARQUIMEDES⁹

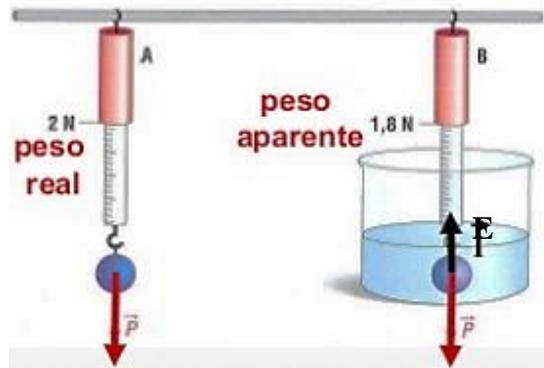
Qualquer corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás), fica sujeito a uma força vertical, com sentido de baixo para cima, exercida por esse fluido. Essa força é chamada por empuxo, representada por E ou impulsão, representada por I

O empuxo nos líquidos é muito maior do que nos gases. Por isso, quando estamos na água ficamos com a sensação de que estamos "mais leves".

Qualquer corpo mergulhado num líquido tem um peso inferior ao seu peso real. Este peso designa-se por peso aparente do corpo.

⁹ Tópico extraído e adaptado de Os Fundamentos da Física - Moderna Plus Física - Volume 1, 11ª Edição. Unidade G - Estática. Hidrostática. Hidrodinâmica - Ramalho, Nicolau, Toledo.

Figura 44 – Peso real e peso aparentes



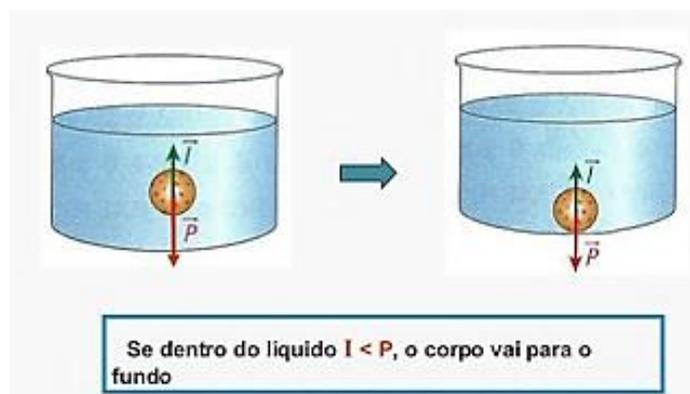
Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

O peso aparente é a resultante de duas forças com sentidos opostos: o peso real e o empuxo.

Peso aparente = peso real - empuxo

$$P_{ap} = P - E \iff E = P - P_{ap}$$

Figura 45 – Corpo no fundo do recipiente



Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

Figura 46 – Corpo em equilíbrio no líquido



Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

Figura 47 – Corpo flutua no líquido



Fonte da imagem: <http://estudacomcarla.blogspot.com/arquimedes.html>

Para que um corpo flutue num determinado fluido, é necessário que a densidade desse corpo seja menor do que a do fluido.

Todo o corpo mergulhado num fluido sofre, por parte dele, uma força vertical de baixo para cima, cuja intensidade é igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo.

Fatores de quem o empuxo depende

- ✓ Densidade do líquido: quanto maior a densidade de um fluido, maior será o empuxo.
- ✓ Volume do corpo imerso: quanto maior for o volume imerso, maior será o empuxo.

Materiais necessários:

- ✓ Recipiente de vidro transparente;
- ✓ Objetos de massas, formas e volumes diferentes;
- ✓ Dinamômetro graduado em kgf e em newton;
- ✓ Recipiente com graduação volumétrica

Figura 48 - Objetos para demonstração da flutuação de corpos na água



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Procedimentos de montagem:

- ✓ Meça a massa dos objetos colocando-os na balança;
- ✓ Meça o volume dos objetos mergulhando-os totalmente no recipiente graduado contendo água;

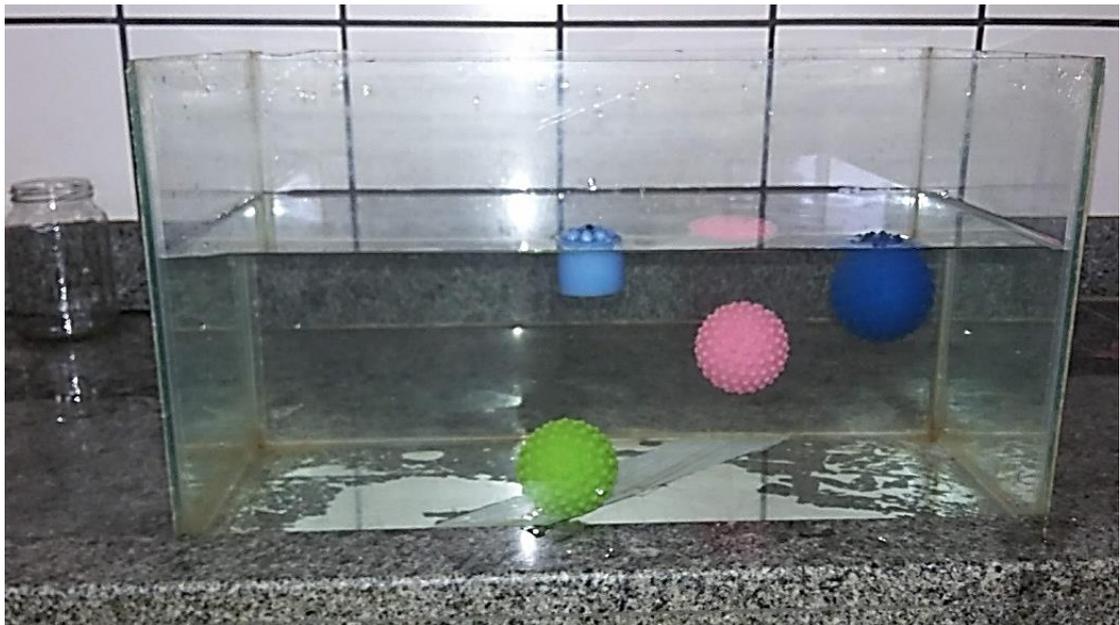
Figura 49 – Medição de massa e volume de um objeto



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

- ✓ Calcule as densidades dos objetos com essas informações;
- ✓ Coloque um objeto por vez no recipiente para ver o fenômeno ocorrer;
- ✓ De acordo com as densidades obtidas e a densidade da água, é possível saber o que ocorrerá com cada objeto ao ser solto no líquido: boia, fica parado imerso ou vai direto para o fundo?
- ✓ Repita o experimento com objetos de formas irregulares, volumes diferentes e massas diferentes.

Figura 50 – Objetos mergulhados água sob as condições de flutuação



Fonte das imagens: arquivo pessoal do autor

5. ATIVIDADES PROPOSTA PARA A 3ª ETAPA DO PRODUTO EDUCACIONAL

Nesta etapa, os estudantes tiveram como meta apresentar os experimentos relativos aos seus grupos em forma de seminários aos demais. Dessa forma, todos os grupos participantes do PE tiveram conhecimento dos experimentos desenvolvidos e puderam interagir e socializar os conhecimentos adquiridos. Essa etapa ocorreu no auditório do colégio no turno regular de aulas (matutino) e consumiu 5 aulas de 50 minutos. A apresentação de cada seminário foi feita por quatro alunos, com duração mínima de 20 minutos, máxima de 30 minutos e até 15 minutos para perguntas dos alunos e 5 minutos feedback do professor-orientador, como havia sido acordado entre as partes na 2ª etapa do PE. Os demais alunos do grupo serviram de suporte à apresentação (atividades de montagem, desmontagem e transporte dos experimentos etc.).

Devido o encadeamento de conceitos de hidrostática nos experimentos realizados, a sequência dos seminários começou a partir de conceitos elementares (densidade) para os mais abrangentes (Teorema de Stevin), de modo que os escolares pudessem perceber essa interrelação.

Ao término de cada apresentação, o professor-orientador teceu comentários sobre o desempenho individual de grupo, sugerindo correções e melhorias. Os objetivos desses feedbacks foram de orientá-los e prepará-los para a etapa seguinte, a Mostra de Ciências.

6. ATIVIDADES PROPOSTA PARA A 4ª ETAPA DO PRODUTO EDUCACIONAL

A conclusão dessa etapa do PE teve duração de 5 horas-aula e consistiu em uma Mostra de Ciências organizada pela direção do colégio em novembro de 2019. Toda a comunidade escolar participou desse evento, haja vista o seu caráter geral, envolvendo as disciplinas Física, Química, Biologia e Matemática. As aplicações das avaliações diagnósticas quantitativa e qualitativa ocorreram ainda em novembro, na semana seguinte à Mostra de Ciências.

6.1. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO PRODUTO EDUCACIONAL - 4ª ETAPA (NOVEMBRO DE 2019)

Quadro 1 – Cronograma de atividades da 4ª etapa

| Periodo/duração | Atividade proposta | Objetivo |
|----------------------------|------------------------------------|---|
| 3ª semana 2 h e 40 min. | Mostra Científica Interdisciplinar | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Expor os experimentos montados pelos escolares. ➤ Realizar demonstrações de fenômenos associados aos experimentos. ➤ Explicar ao público assistente os conceitos dos conteúdos envolvidos nas demonstrações. ➤ Socializar os conhecimentos adquiridos. |
| 4ª semana/ 1 h e 10 min. | Avaliação diagnóstica quantitativa | ➤ Mensurar os conhecimentos de hidrostática assimilados pelos alunos após a conclusão do produto educacional. |
| 4ª semana/1 h e 10 min. | Avaliação diagnóstica qualitativa | ➤ Mensurar os conhecimentos de hidrostática assimilados pelos alunos após a conclusão do produto educacional. |

7. APÊNDICE

Esta atividade teve como objetivo principal mensurar o nível de assimilação e retenção dos alunos acerca dos conteúdos de hidrostática ensinados usando o método de ensino tradicional em uso na escola.

1ª e 2ª Avaliações diagnósticas quantitativas

COLÉGIO ESTADUAL POLIVALENTE DR. MENEZES JÚNIOR

Questionário sobre a metodologia de ensino tradicional (focada na figura do professor, com aulas dialógicas expositivas, livro didático, quadro e pincel)

- *Não é necessário que você se identifique neste questionário.*
- *Ele destina-se a mensurar a sua percepção sobre a eficiência da metodologia de ensino utilizada em sua unidade escolar.*
- *Ele servirá como fonte de informações para reflexões sobre a sua eficiência e possíveis sugestões de correções no método pedagógico de ensino.*
- *Leia atentamente cada pergunta, reflita sobre o seu entendimento e responda com sinceridade aos quesitos propostos.*

1) Para lubrificar o motor de sua motocicleta, um estudante coloca 2,5 L de um óleo lubrificante de densidade $d = 0,8 \text{ g/cm}^3$ em seu interior. Considere: $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ e $1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3$. A massa de óleo, em kg, corresponde a:

- a) 1,75
- b) 1,65
- c) 2,0
- d) 2,125
- e) 2,5



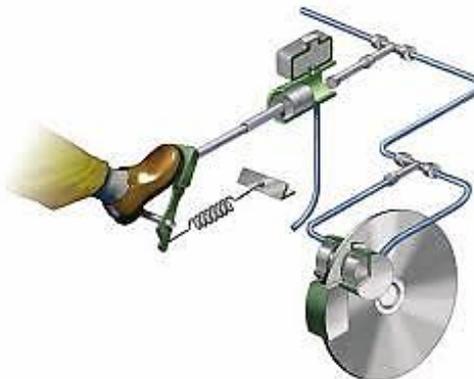
2) Quando você toma um refrigerante em um copo com um canudo, o líquido sobe pelo canudo, porque:



- a) a pressão atmosférica cresce com a altura, ao longo do canudo;
- b) a pressão no interior da sua boca é menor que a pressão atmosférica do ar;
- c) a densidade do refrigerante é menor que a densidade do ar;
- d) a pressão em um fluido se transmite integralmente a todos os pontos do fluido;
- e) a pressão hidrostática no copo é a mesma em todos os pontos de um plano horizontal.

3) Desde a remota Antiguidade, o homem, sabendo de suas limitações, procurou dispositivos para multiplicar a força humana. A invenção da roda foi, sem sombra de dúvida, um largo passo para isso. Hoje, os veículos vêm equipados com freios hidráulicos, o que permite pará-los com um leve toque no pedal de freios, mesmo que ele venha a 100 km/h. É o. Tal dispositivo está fundamentado no PRINCÍPIO de:

- a) Newton
- b) Stevin
- c) Pascal
- d) Arquimedes
- e) Einstein



4) Em uma competição esportiva, um halterofilista de 80 kg, levantando uma barra metálica de 120 kg, apoia-se sobre os seus pés, cuja área de contato com o piso é de 25 cm^2 . Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e lembrando-se de que a pressão é o efeito produzido por uma força sobre uma área, e considerando que essa força atua uniformemente sobre toda a extensão da área de contato, a pressão exercida pelo halterofilista sobre o piso, em pascal, é de:

- a) $2 \cdot 10^5$
- b) $8 \cdot 10^5$
- c) $12 \cdot 10^5$
- d) $25 \cdot 10^5$
- e) $2 \cdot 10^6$



5) Marque a alternativa que explica por que os navios, mesmo sendo feitos de um material mais denso que água, conseguem flutuar.



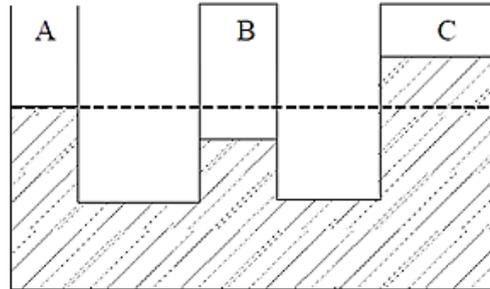
- a) Os navios flutuam, pois seu volume é muito superior à sua massa.
- b) Os navios flutuam, pois o empuxo sobre o navio é superior ao seu peso.
- c) Os navios flutuam, pois o empuxo sobre o navio é inferior ao seu peso.
- d) Os navios flutuam, pois o volume de líquido deslocado corresponde ao seu peso.
- e) Os navios flutuam, pois o volume de líquido deslocado é superior ao seu peso.

6) Determine o empuxo que atua sobre um corpo de volume 1 m^3 , totalmente imerso em um fluido de densidade $0,5 \text{ g/cm}^3$, em um local onde a gravidade é 10 m/s^2 .

- a) 500 N
- b) 5000 N
- c) 50 N
- d) 5 N

e) 50000 N

7) O sistema de vasos comunicantes da figura contém água em repouso e simula uma situação que costuma ocorrer em cavernas: o tubo A representa a abertura para o meio ambiente exterior e os tubos B e C representam ambientes fechados, onde o ar está aprisionado.



Sendo P_A a pressão atmosférica ambiente fora da caverna, P_B e P_C as pressões do ar confinado nos ambientes B e C, tomando-se como referência o nível da água nesses ambientes, pode-se afirmar que é válida a relação:

- a) $P_A = P_B > P_C$
- b) $P_A > P_B = P_C$
- c) $P_A > P_B > P_C$
- d) $P_B > P_A > P_C$
- e) $P_B > P_C > P_A$

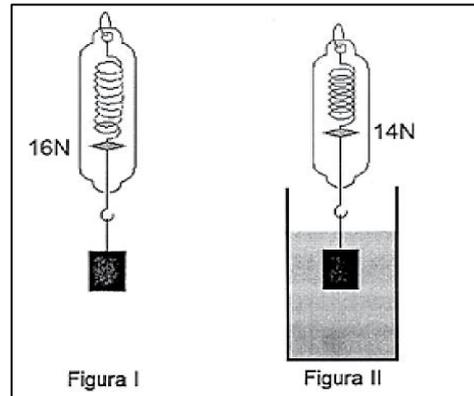
8) Na figura, observa-se uma pessoa calçando sapatos de saltos finos. Ao pisar firmemente em um solo uniforme e pouco resistente, parte do salto poderá enterrar-se nele.



Isso ocorre porque:

- a) o solo sob o salto é mais mole que na parte da frente da sola do sapato;
- b) a pressão exercida pelo salto no solo é maior que àquela exercida na sola da frente do sapato;
- c) a pressão exercida pelo salto no solo é igual àquela exercida na sola da frente do sapato;
- d) a pressão exercida pela sola da frente do sapato é maior que àquela exercida pelo salto;

- e) a pressão exercida pela sola da frente do sapato é igual àquela exercida pelo salto.
- 9) Um pequeno bloco de metal tem seu peso medido com um dinamômetro em duas situações distintas mostradas nas figuras I e II: fora e dentro d'água.

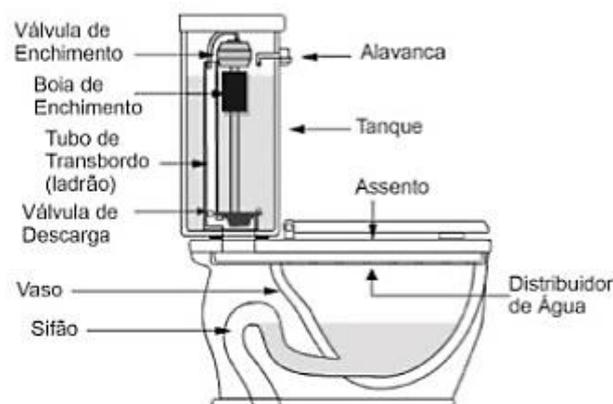


A diferença de peso que o bloco apresenta nas duas medições se deve ao fato de:

- o peso do bloco diminuir quando ele é posto na água;
- o líquido aplicar no bloco uma força para cima chamada empuxo;
- a massa do bloco diminuir quando ele é posto na água;
- o volume do bloco aumentar quando ele é posto na água;
- a densidade do bloco diminuir quando ele é posto na água.

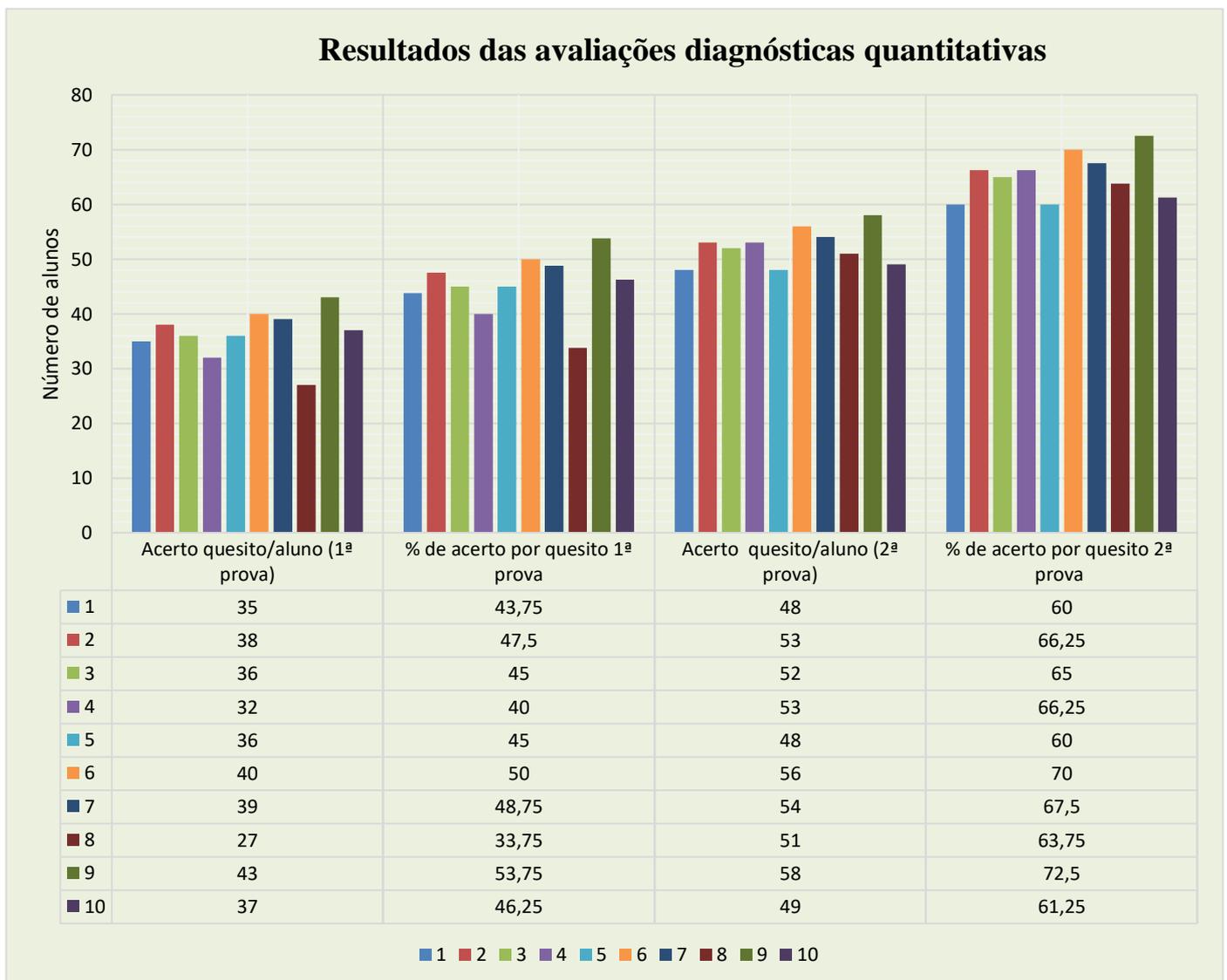
10) Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.

Representação do esquema de funcionamento de vaso sanitário



A característica de funcionamento que garante essa economia é devida:

- a) à altura do sifão de água.
- b) ao volume do tanque de água.
- c) à altura do nível de água no vaso.
- d) ao diâmetro do distribuidor de água.
- e) à eficiência da válvula de enchimento do tanque.



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

Esta atividade teve como objetivo principal mensurar a percepção dos escolares sobre a eficiência do método de ensino tradicional em uso na escola.

1ª e 2ª Avaliações diagnósticas qualitativas (questionários)
COLÉGIO ESTADUAL POLIVALENTE DR. MENEZES JÚNIOR

Questionário sobre a metodologia de ensino tradicional (focada na figura do professor, com aulas dialógicas expositivas, livro didático, quadro e pincel)

- *Não é necessário que você se identifique neste questionário.*
- *Ele destina-se a mensurar a sua percepção sobre a eficiência da metodologia de ensino utilizada em sua unidade escolar.*
- *Ele servirá como fonte de informações para reflexões sobre a sua eficiência e possíveis sugestões de correções no método pedagógico de ensino.*
- *Leia atentamente cada pergunta, reflita sobre o seu entendimento e responda com sinceridade aos quesitos propostos.*
- *Assinale com um X dentro do alvéolo a opção que melhor expresse a sua percepção.*
- *Cada quesito deverá ter uma única resposta.*

Quesito 1. Da forma como os conteúdos de Física são ensinados atualmente na sua escola (aulas expositivas dialógicas/método tradicional de ensino), qual é a sua percepção quanto à necessidade de aprender física, na escola?

- Necessária
- Pouco necessária
- Desnecessária
- Totalmente desnecessária

Quesito 2. A metodologia de ensino tradicional (aula expositiva dialógica, livro didático, quadro e pincel) usada atualmente na sua escola favorece a plenitude de sua aprendizagem de um modo geral? Em que abrangência?

- Sim, plenamente
- Sim, parcialmente
- Não
- Não, parcialmente
- Não, totalmente

Quesito 3. Em relação ao ensino-aprendizagem de Física, como você classificaria a eficiência da metodologia de ensino tradicional usada pelo(a) professor(a) em sala de aula?

- Muito eficiente
- Eficiente
- Pouco eficiente
- Ineficiente

Quesito 4. Usando a metodologia de ensino tradicional, em que nível você colocaria o seu entendimento e assimilação dos conceitos de hidrostática estudados no semestre anterior?

- Alto
- Médio
- Regular
- Baixo
- Muito baixo

Quesito 5. Em relação à sua participação no desenvolvimento das atividades de hidrostática propostas em sala de aula pelo(a) professor(a) no semestre anterior, em que nível você se colocaria?

- Pouco participativo
- Participativo
- Muito participativo

Quesito 6. Se os conteúdos de Física fossem ensinados nas escolas através de experimentos, você acredita que a compreensão e/ou o entendimento de fenômenos, conceitos, leis e teorias físicas se tornariam mais fáceis?

- Sim, acredito plenamente
- Sim, acredito parcialmente
- Não, desacredito plenamente
- Não, desacredito parcialmente

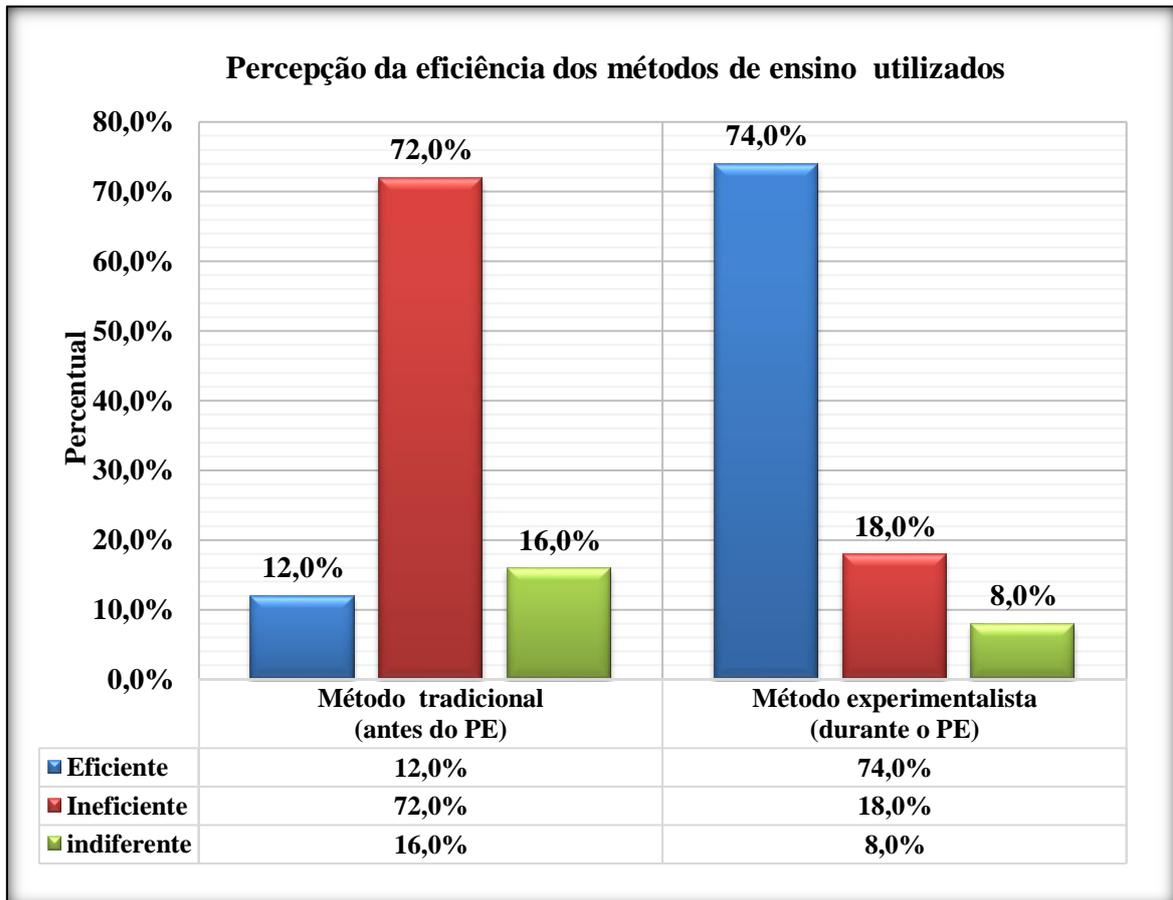
Quesito 7. Usando a metodologia de ensino tradicional, se propusessem a você a montagem, explicação e apresentação de um experimento de hidrostática, mesmo com o auxílio do professor(a), em que nível você colocaria a sua expectativa de obter um resultado satisfatório?

- Alta
- Média
- Baixa
- Baixíssima

Quesito 8. Após as explicações do(a) professor(a) a respeito de algum conteúdo de hidrostática, usando o método de ensino tradicional, com que frequência você consegue associar os fenômenos, conceitos, leis e teorias do assunto abordado a situações concretas do seu cotidiano?

- Sempre
- Às vezes
- Raramente
- Nunca

Figura 52 – Gráfico das percepções das eficiências dos métodos de ensino utilizados



Fonte da imagem: arquivo pessoal do autor

8- REFERÊNCIAS:

MODERNA, Editora. Conteúdo digital Moderna PLUS. **História da Física: As bases da Hidrostática**. Disponível em <http://www.modernaplus.com.br>. Acesso em 22/10/2019.

NUSSENZVEIG, H. Moysés, **Curso de Física Básica**, v. 2: Fluidos, Oscilações e Ondas e Calor (Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1996), 3a ed.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco. **Os Fundamentos da Física**/ Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares, . MODERNA PLUS – FÍSICA 1º ano Volume 1 - 11ª edição. São Paulo: Moderna, 2018.

RESNICK, Robert. **Física**, v. 2. / Robert Resnick, David Halliday, Kenneth S. Krane; tradução Pedro Manuel Calas Pacheco ... [et al.]. – 5ª ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2007