

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE- IFRN
CAMPUS CAICÓ

JOSÉ GILMAR MEDEIROS DE LUCENA

A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA CONSTRUÇÃO
DOS CONCEITOS DE HIDROSTÁTICA

CAICÓ-RN
2022

JOSÉ GILMAR MEDEIROS DE LUCENA

**A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA CONSTRUÇÃO
DOS CONCEITOS DE HIDROSTÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Caicó, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial a obtenção do Título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Cícero Elias dos Santos Junior

Lucena, José Gilmar Medeiros de

L935u A utilização de experimentos de baixo custo para construção de conceitos de hidrostática. – 2022.

72 f: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Caicó, 2022.

Orientador: Cícero Elias dos Santos Júnior.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Experimento. 3. Hidrostática. I. Santos Júnior, Cícero Elias dos. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 53

JOSÉ GILMAR MEDEIROS DE LUCENA

**A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA CONSTRUÇÃO
DOS CONCEITOS DE HIDROSTÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Licenciatura em
Física do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Rio Grande do Norte, Campus Caicó,
em cumprimento às exigências legais
como requisito parcial a obtenção do
Título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Cícero Elias dos
Santos Junior

Aprovado em: 30/05/2022

Banca Examinadora

Cícero Elias dos Santos Júnior - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Me. Rhodriggo Mendes Virgínio - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dr. Thiago de Araújo Sobral Silva - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e às pessoas que contribuíram direto e indiretamente para que eu conseguisse concluir este curso.

A minha esposa, Mariselle Medeiros Diniz, que sempre me deu forças nos momentos mais difíceis, e meu filho, João Lucas Diniz Lucena, que colaborou na elaboração deste documento.

Ao professor Cícero Elias dos Santos Junior, orientador que me auxiliou e esteve presente sempre que necessitei, contribuindo com o desenvolvimento do trabalho e ajudando-me a acreditar na minha ideia.

Aos professores da banca examinadora, Thiago de Araújo Sobral Silva e Rhodriggo Mendes Virgínio, pelas as orientações e ensinamentos que me foram passadas durante a devesa, enriquecendo a minha formação acadêmica.

À direção, coordenação e alunos da 2ª série do ensino médio da Escola Estadual João Alencar de Medeiros(EEJAM), que participaram ativamente desta pesquisa.

Ao professor Taciano Nóbrega Silva, educador da EEJAM, que colaborou com ensinamentos que possibilitaram o desenvolvimento do estudo.

Ao professor Iranildo Medeiros, que se dispôs a fazer a revisão ortográfica de documento.

Ao Professor Ricardo Rodrigues da Silva, orientador do seminário supervisionado do estágio IV, que também contribui favoravelmente no desenvolvimento dos estudos desta pesquisa.

Por fim, agradeço aos amigos e colegas do curso de Licenciatura em Física do IFRN, Campus Caicó, pelos momentos inesquecíveis vivenciados durante a caminhada do curso.

RESUMO

Tendo em vista que as atividades experimentais são métodos que colaboram na investigação e no desenvolvimento da construção do conhecimento do aluno, pesquisa-se sobre o kit de experimentos para as aulas de Hidrostática, a fim de investigar as implicações do uso de atividades experimentais na aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos abordados na hidrostática. Para tanto, é necessário conhecer as relações entre atividades experimentais e o processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Física, construir experimentos de baixo custo que possam ser utilizados em atividades experimentais na sala de aula regular no processo de ensino-aprendizagem e investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos. Realiza-se, então, uma pesquisa bibliográfica e experimental. Diante disso, constata-se que: grande parte das escolas não possuem laboratórios de Física; o uso de atividades experimentais proporcionam a construção do conhecimento científico e colaboram significativamente no processo de aprendizagem do aluno, o que impõe a constatação de que as atividades experimentais contribuem favoravelmente na construção do saber científico dos estudantes.

Palavras-chave: Ensino de Física; Hidrostática; Construção de conceitos; Atividades experimentais; Experimentos de baixo custo.

ABSTRACT

Considering that experimental activities are methods that collaborate in the investigation and development of the student's knowledge construction, research is carried out on the experiment kit for Hydrostatic classes, in order to investigate the implications of the use of experimental activities in learning students on the concepts covered in hydrostatics. Therefore, it is necessary to know the relationship between experimental activities and the teaching-learning process in Physics, Build low-cost experiments that can be used in experimental activities in the regular classroom in the teaching-learning process and Investigate whether the activities are developed potentially significant for student learning. A bibliographic and experimental research is carried out. In view of this, it appears that: most schools do not have Physics laboratories; the use of experimental activities provides the construction of scientific knowledge and contributions to the development of skills and competences in students, which imposes the observation that experimental activities significantly contribute to the construction of scientific knowledge if worked in an investigative way.

Keywords: meaningful learning; activity experiments; learning with experiments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Torre de fluidos e objetos.....	16
Figura 2: Cama de palitos	17
Figura 3: Manômetro em forma de "U"	18
Figura 4: Bebedouro de passarinho	19
Figura 5: Vasos comunicantes	20
Figura 6: Elevador hidráulico.....	21
Figura 7: Balança do empuxo	22
Figura 29: Figura representativa da questão 4 do questionário semiestruturado.....	25
Figura 30: https://www.magazineluiza.com.br/portaldalu/saiba-escolher-macaco-hidraulico-jacare/91550/	25
Figura 31: Figura representativa da questão 2 do questionário avaliativo	33
Figura 32: Figura representativa da questão 4 do questionário avaliativo	35
Figura 8: Gráfico das respostas convergentes e divergentes	39
Figura 9: Resposta da questão 1, alunos A ⁵ , A ⁶ e A ⁷	40
Figura 10: Resposta da questão 2, alunos A ³ e A ⁷	40
Figura 11: Resposta da questão 3, alunos A ⁹ e A ¹¹	41
Figura 12: Resposta da questão 4, alunos A ⁹ e A ¹⁵	42
Figura 13: Resposta da questão 5, alunos A ¹ e A ¹⁴	43
Figura 14: Resposta da questão 6, A ⁵ , A ⁶ e A ¹²	43
Figura 15: Resposta da questão 7, alunos A ¹ , A ³ e A ⁴	44
Figura 16: Atividade sobre densidade.....	45
Figura 17: Observação 1 na torre de líquidos e objetos, grupos G ¹ , G ² e G ³	46
Figura 18: Observação 2 na torre de líquidos e objetos, grupos G ¹ , G ² e G ³	47
Figura 19: Atividade sobre Pressão e Teorema de Pascal	48
Figura 20: Observação 1 na cama de palitos, grupo G ¹	48
Figura 21: Observação 2 na cama de palitos, grupos G ¹ , G ² e G ³	49
Figura 22: Observação no elevador hidráulico, grupos G ¹ , G ¹ e G ³	50
Figura 23: Atividade do Teorema de Stevin	51
Figura 24: Observação no manômetro, G ¹ , G ² e G ³	52
Figura 25: Observação no bebedouro de passarinho, grupos G ¹ , G ² e G ³	53
Figura 26: Atividade com a balança para o empuxo	54
Figura 27: Observação na balança para o empuxo, grupos G ² e G ³	55

Figura 28: Observação na balança para o empuxo, grupo G ¹	55
Figura 33: Materiais e montagem do apetrecho torre de fluidos e objetos.....	61
Figura 34: Moldura e placa de peso	62
Figura 35: Placa 1 demarcada e sem palitos	63
Figura 36: Placas P ₂ e P ₃ demarcadas e com palitos fixados	64
Figura 37: Materiais e montagem da ferramenta manômetro em forma de "U"	65
Figura 38: Materiais e montagem do aparato bebedouro de passarinho	66
Figura 39: Materiais e montagem do mecanismo vasos comunicantes	67
Figura 40: Materiais e montagem do mecanismo elevador hidráulico.....	68
Figura 42: Materiais e montagem do instrumento balança do Empuxo.....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 O Papel das Atividades Experimentais no Ensino De Física.....	12
2.2 A utilização de experimentos de baixo custo no ensino de física	13
3 MECANISMOS EXPERIMENTAIS	15
3.1 Procedimento do artefato torre de fluidos e objetos.....	15
3.2 Procedimento do mecanismo cama de palitos.....	16
3.3 Procedimento do apetrecho manômetro em forma “U”	17
3.4 Procedimento do instrumento bebedouro de passarinho.....	18
3.5 Procedimento da ferramenta vasos comunicantes	19
3.6 Procedimento da ferramenta elevador hidráulico	20
5.7 Procedimentos do equipamento balança do empuxo	21
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	23
4.1 Caracterização do ambiente de pesquisa.....	23
4.2 Desenvolvimento das aulas.....	23
4.3 Procedimentos metodológicos	24
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	38
5.1 Análises do questionário semiestruturado	38
5.2 Análises das observações nos experimentos	44
5.3 Análises da atividade avaliativa dos conteúdos.....	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	59
APÊNDICES	61

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, um número significativo de escolas de ensino médio não dispõe de laboratórios de ciências. Esse é um cenário presente tanto em escolas públicas quanto privadas. De acordo com Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP):

Enquanto o acesso à internet é uma realidade em 95,1% das escolas de ensino médio, o laboratório de ciências é encontrado em apenas 44,1% delas. Esse importante espaço de aprendizagem está presente em 38,8% das escolas de ensino médio da rede pública, e em 57,2% na rede privada. Ainda em relação à dependência administrativa, o Censo Escolar 2018 revela que 83,4% das escolas federais têm o laboratório de ciências no ensino médio. A estrutura das estaduais e municipais, por outro lado, afeta a cobertura, com 37,5% e 28,8%, respectivamente. (INEP, 2019).

Os dados do INPE mostram que as escolas estaduais e municipais são as mais afetadas pela falta de laboratórios de ciências, prejudicando uma parcela considerável de alunos do ensino básico.

Frente a essa situação, surge um questionamento intrínseco ao processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Física: o que fazer diante da indisponibilidade de laboratório didático equipado para o ensino de Física? Desconsiderar a própria natureza experimental da Física ou buscar alternativas experimentais criativas para driblar a deficiência estrutural das escolas?

É muito comum que os professores de Física tomem o segundo caminho e busquem alternativas experimentais criativas – os famosos experimentos de baixo custo. O uso de experimentos de baixo custo torna-se uma saída acessível, pois inúmeros experimentos podem ser produzidos de materiais de pequeno custo ou recicláveis, tornando-se, dessa forma, uma saída para aqueles estudantes que não desfrutam de laboratórios de Ciências bem equipados em suas escolas.

Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+, 2006) apontam que o uso de aulas práticas com aplicações de dispositivos experimentais apresentam-se como caminhos imprescindíveis na construção e desenvolvimento dos conhecimentos físicos. Assim, os PCN+ descrevem que:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre

indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (PCN+, 2006, p. 84)

Nesse caminho, este trabalho se desenvolve sob a hipótese de que os experimentos de baixo custo podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem de conceitos da Hidrostática. Dessa forma, o objetivo geral do trabalho é o de investigar as implicações do uso de atividades experimentais na aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos abordados na hidrostática. Para alcançar tal objetivo, traçou-se os seguintes objetivos específicos:

- Conhecer as relações entre atividades experimentais e o processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Física;
- Construir experimentos de baixo custo que possam ser utilizados em atividades experimentais na sala de aula regular no processo de ensino-aprendizagem do tópico hidrostática;
- Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados aos fenômenos hidrostáticos.
- Desenvolver os conceitos da hidrostática por meio de atividades experimentais investigativas.
- Investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos fundamentais da hidrostática.

A metodologia adotada neste trabalho é espelhada na metodologia empregada por Moro (2015), que investigou as potencialidades de simulações vinculadas às atividades experimentais para aprendizagem sobre o tópico transferência de energia térmica.

O documento está estruturado da seguinte forma: na seção 2, apresenta-se a relevância de se utilizar os dispositivos no ensino de Física, expondo argumentos e defesas apresentadas pelos pesquisadores da Física experimental; na seção 3, descreve-se a proposta didática de utilização dos experimentos para formalização dos conceitos hidrostáticos e apresenta os experimentos utilizados no estudo; na seção 4, manifesta-se os procedimentos metodológicos aplicados e a caracterização do ambiente da pesquisa; na seção 5, apresentam-se as análises dos resultados adquiridos durante a intervenção; na seção 6, apresentam-se as considerações referente ao trabalho desenvolvido na pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, apresentam-se as justificativas e defesas dos principais autores que sustentam o uso de mecanismos experimentais construídos com materiais de baixo custo ou recicláveis como ferramenta essencial no processo de ensino-aprendizagem em ambientes de ensino que não possuem dispositivos experimentais de tecnologia avançada.

2.1 O Papel das Atividades Experimentais no Ensino De Física

Em busca de uma proposta de ensino que supere o modelo tradicional, o qual é encorpado com exposições de fórmulas matemáticas e apresentações de conceitos e teorias de difícil compreensão, distanciados do cenário vivenciado pelo aluno, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 1999, expõe que:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. (...) (PCN Ensino Médio, 1999, p. 22).

De acordo com (CID; PIZZA; LACERDA; OLIVEIRA, 2021) as atividades experimentais contribuem para o desenvolvimento de capacidades que superam os paradigmas tradicionais, os quais apresentam o conteúdo de forma expositiva com resoluções de problemas matemáticos do assunto. Diante desse cenário, as práticas experimentais proporcionam a investigação, permitindo que o estudantes façam suas próprias explorações e revelações, de maneira investigativa, contribuindo no desenvolvimento e na autonomia dos alunos com relação aos conceitos abordados.

Nessa mesma direção, (CALDAS, 2015) defende que as atividades experimentais são dispositivos que colaboram no processo de aprendizagem significativa dos conhecimentos científicos, tornando o indivíduo um ser participativo, crítico e reflexivo à respeito das informações tecnológicas e dos conhecimentos específicos relacionados aos estudos da Física, que são conhecimentos que fazem parte do contexto da sociedade atual, inerentes no mundo vivenciado pelo aluno. Assim, Caldas apresenta que:

Adotar atividades experimentais como parte de um procedimento de investigação é uma necessidade, sendo reconhecida por aqueles que pensam e exercem o ensino de ciências, pois a concepção do pensamento e das atitudes do indivíduo acontece preferencialmente na troca de ideias em atividades exploratórias. (CALDAS, 2015, p. 15)

Além do que já foi comentado anteriormente, o uso de atividades experimentais nas aulas de Física justifica-se pelo fato de que essa disciplina surgiu e desenvolveu-se respaldada pela tentativa de esclarecer e explicar a natureza e seus fenômenos por meio de indagações e experimentos que poderiam comprovar determinados comportamentos ocorridos e observados nesses processos.

Nessa concepção, Grasselli e Gardelli 2014 (apud ROSA, 2003) apresentam que a Física como ciência que estuda a natureza tem na experimentação um forte aliado na busca por desvelar esta natureza. A humanidade sempre se preocupou em entender a natureza e seus fenômenos, mediante a fundamentação de inúmeros conhecimentos. Neste sentido, a experimentação sempre esteve presente como coadjuvante no processo evolutivo da Física, mostrando ao longo da história o seu status de ciência da experiência.

2.2 A utilização de experimentos de baixo custo no ensino de física

Diante da difusão de práticas experimentais no ensino de Física, o uso de artefatos experimentais construídos com materiais de baixo custo ou recicláveis aparecem, ao lado de experimentos sofisticados, como caminho importante a ser seguido no desenvolvimento dos conceitos físicos. Nesse sentido, CALDAS, 2015, relata que:

(...) a sociedade científica tem trabalhado intensamente em prol de experimentos didáticos voltados para o ensino de Física, tanto com materiais tecnológicos avançados quanto com os de baixo custo como por exemplos os materiais recicláveis. (CALDAS, 2015, p.15)

Além das circunstâncias já citadas, a utilização de experimentos de baixo custo como alternativa para explicar leis e teorias da Física, proporcionando uma metodologia de aprendizagem mais diversificada, impulsiona e incentiva o aprimoramento de técnicas científicas, contribuindo para uma melhor compreensão dos conceitos da Física, além de desenvolver habilidades e competências práticas inerentes dessa área do conhecimento, desenvolvendo autonomia no aluno, e assim,

tornando-o um indivíduo ativo, capaz de resolver os problemas pertencentes ao seu contexto educacional e social.

Em consonância com esse raciocínio, em 2015, CALDAS defendeu que as atividades práticas é uma opção importantíssima no percurso acadêmico do aluno, estimulando e aguçando a curiosidade do discente acerca dos princípios físicos estudados, além de sanar, por ventura, suas dúvidas relacionadas ao conceito abordado. Além disso, o autor relata que, com uso de atividades experimentais nas aulas de Física, o acadêmico desenvolve sua independência intelectual tornando-se apto para solucionar os problemas nos mais diversos âmbitos de forma autônoma e consciente.

Nessa mesma direção, SILVA, na defesa do uso de mecanismo experimentais de baixo custo para o ensino de Física, argumenta que o uso de práticas experimentais se fundamenta como processo educativo colaborador no entendimento dos conceitos e eventos físicos. Assim, ele descreve que:

A experimentação tem sua importância justificada quando se considera sua função pedagógica de auxiliar o aluno na compreensão de fenômenos e conceitos físicos. A clara necessidade dos alunos de relacionarem os fenômenos sobre os quais se referem justifica a experimentação como parte do contexto escolar, sem que represente uma ruptura entre a teoria e a prática. O que se observa é a necessidade que o aluno participe ativamente no processo de construção do conhecimento e que o professor atue como mediador do processo, conduzindo o aluno para a argumentação e elaboração de ideias através de questões problematizadoras que direcionem os alunos a procurarem soluções plausíveis para o problema apresentado (SILVA, 2018, p. 7).

Nesse caminho, nota-se que as aulas desenvolvidas por meio de atividades experimentais são processos metodológicos capazes de favorecer positivamente na compreensão dos conceitos e conhecimentos físicos, contribuindo de maneira significativa na construção e incorporação de concepções cientificamente aceitas atualmente.

3 MECANISMOS EXPERIMENTAIS

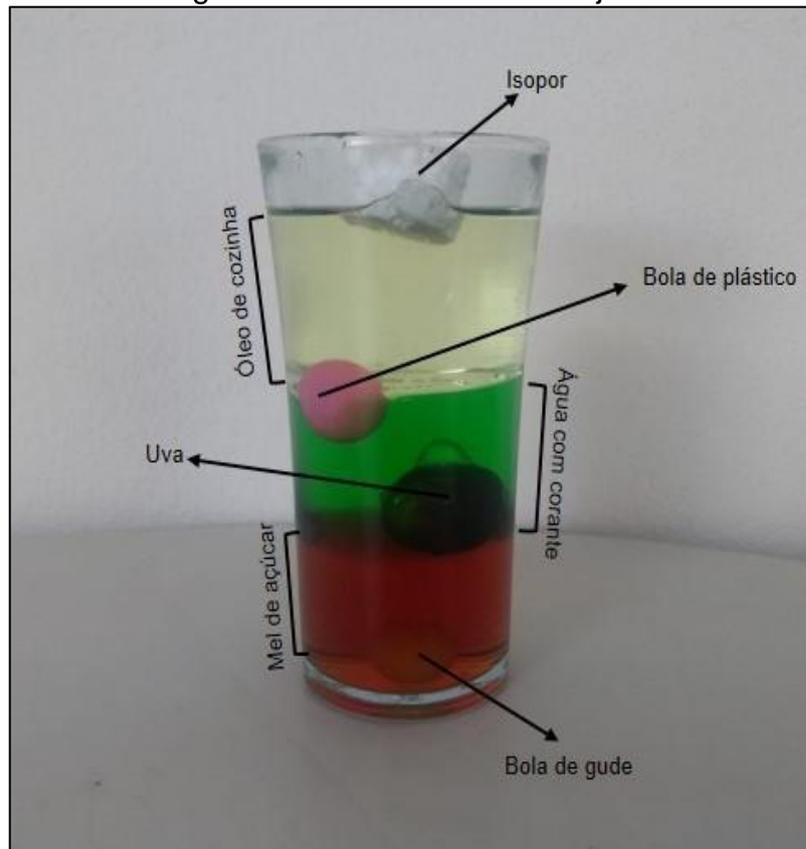
Nesta seção, descreve-se a proposta didática de utilização dos experimentos para formalização dos conceitos hidrostáticos, como também, apresentam-se os dispositivos experimentais utilizados no desenvolvimento da pesquisa. O processo de montagem e a descrição dos materiais usados na produção dos artefatos experimentais encontram-se no apêndice A deste documento.

3.1 Procedimento do artefato torre de fluidos e objetos

A utilização do experimento **Torre de Fluidos** (figura 1) teve o objetivo de oportunizar um processo de investigação sobre a relação entre massa e volume dos materiais e seu comportamento quando mergulhado num fluido. Tal procedimento propicia a formulação do conceito de densidade.

A atividade prática deste mecanismo consiste em seguir etapas que possibilitam trabalhar a densidade dos fluidos e objetos que fazem parte do aparato. Dessa forma, temos os seguintes passos: inicialmente, coloca-se o fluido de menor densidade (óleo de cozinha) no recipiente, seguido do fluido de maior densidade (mel de açúcar), evidenciando que o fluido de maior densidade ocupa o espaço anteriormente ocupado pelo óleo. Em seguida, põe-se o fluido de densidade intermediária (água com corante) no recipiente, manifestando sua localização intermediária entre o mel e o óleo. Seguidamente, coloca-se a uva, que possui densidade maior do que a d'água e menor do que a do mel de açúcar, localizando-se na linha divisória entre o mel e a água; a bola de plástico, situando-se entre o a água e o óleo de cozinha, pois possui densidade menor do que a da água e maior que a do óleo; a bola de isopor, que fica na superfície do óleo, manifestando ter densidade menor que a do óleo; e por fim, põe-se a bola de gude, depositando-se no fundo do recipiente, visto que possui a maior densidade dentre todos os objetos e substâncias da presentes na atividade. A seguir, apresenta-se a figura e o comportamento dos fluidos e objetos como detalhado anteriormente.

Figura 1: Torre de fluidos e objetos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

3.2 Procedimento do mecanismo cama de palitos

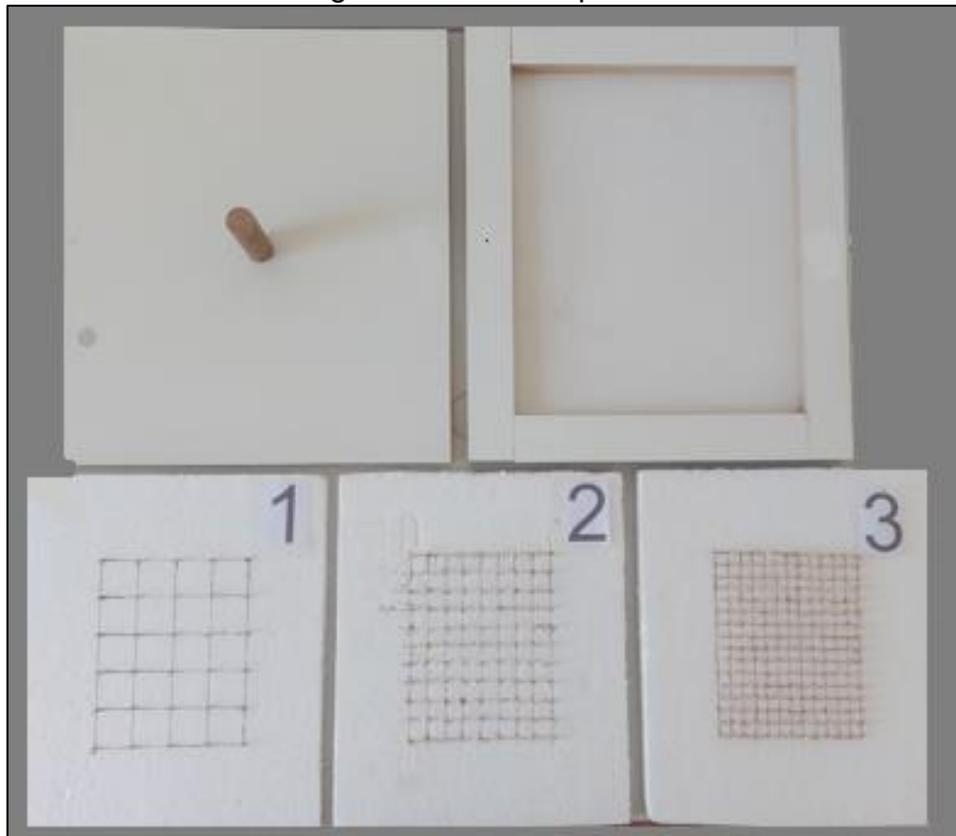
A utilização do experimento **Cama de Palitos** (figura 2) teve o objetivo de oportunizar meios para formalização do conceito de pressão, através da investigar do estouro ou não de um balão ocasionado pela relação entre a força aplicada e a densidade de palitos sobre a superfície. Esse procedimento tem o objetivo de construir o conceito de pressão.

No processo de utilização desse dispositivo, adotou-se passos que podem proporcionar observações que evidenciam conhecimentos relacionados relação supracitada. Nessa direção, a seguir são descritos etapas procedimentais de manuseio da ferramenta.

Inicialmente põe-se a placa P_1 na moldura, em seguida coloca-se a placa de peso P_P sobre a bexiga, pressionando-a com a anilha de 1,00 kg de massa, proporcionado o estouro da bexiga por causa da pequena quantidade de palitos na placa. Posteriormente, troca-se a placa P_1 pela P_2 , que tem maior densidade de palitos e repete-se o mesmo procedimento inicial, ou seja, põe-se a placa de peso com a

anilha de 1,00 kg de massa, evidenciando que a bexiga não estoura em virtude de uma maior quantidade de palitos na P_2 . Depois, retira-se a anilha de 1,00 kg de massa e coloca-se a de 2,00 kg, propiciando novamente o estouro da bexiga, mostrando que o aumento da força peso pode ocasionar o rompimento da bexiga. Logo depois, troca-se a placa P_2 pela P_3 , placa que tem a maior densidade de palitos entre as três placas, revelando novamente que a bexiga não estoura, expondo que uma maior densidade de palitos dificulta o rompimento da bexiga. Por fim, retira-se a anilha de 2,00 kg e coloca a de 4,00 kg, manifestando a dificuldade de ruptura da bexiga mesmo dobrando a massa da anilha. Abaixo tem-se uma imagem da ferramenta cama de palitos com suas placas (P_1 , P_2 e P_3), placa do peso (P_P) e a moldura.

Figura 2: Cama de palitos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

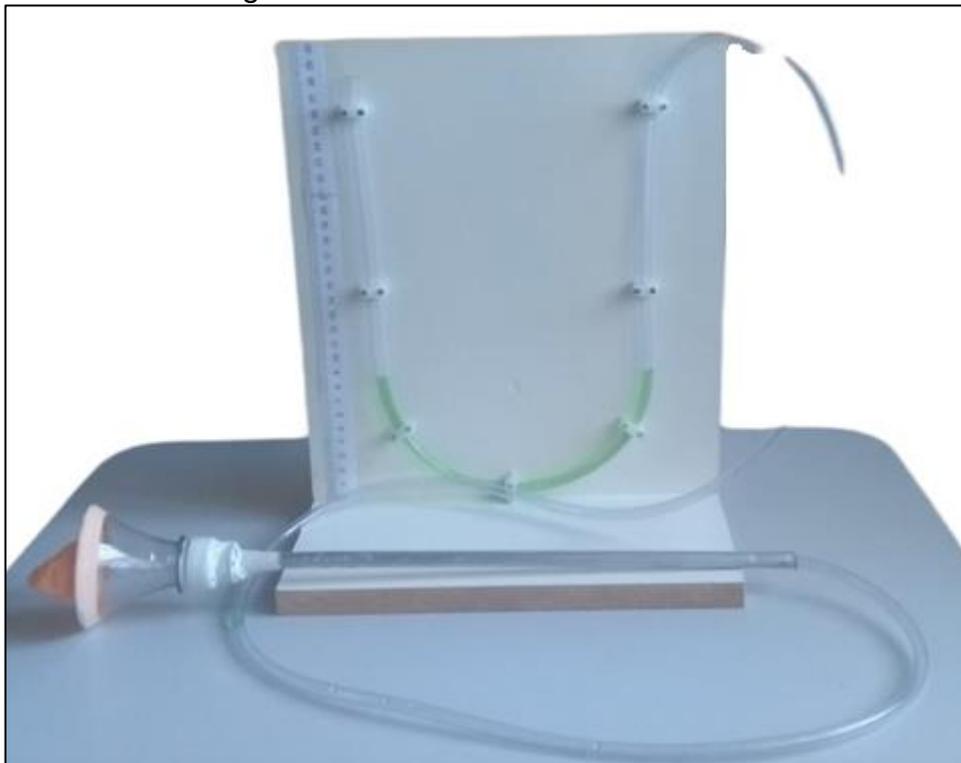
3.3 Procedimento do aparelho manômetro em forma “U”

O experimento **Manômetro em Forma de “U”** (figura 3) possibilita investigar as mudanças de pressão em relação a profundidade em pontos de um líquido, materializada pela desigualdade de altura existente entre as colunas de líquido no

tubo. Tal procedimento tem o objetivo de criar pontes para compreensão conceitual do princípio de Stevin.

Dessa forma, o manuseio dessa ferramenta consiste em mover o sensor de pressão dentro do fluido, com movimentos laterais, os quais não apresentam variação de pressão, e deslocamentos de subida e descida do sensor, constatando a variação de pressão no mecanismo, demonstrando o comportamento enunciado pelo Teorema de Stevin. A seguir tem-se a imagem do dispositivo do manômetro em forma de "U".

Figura 3: Manômetro em forma de "U"



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

3.4 Procedimento do instrumento bebedouro de passarinho

O procedimento de utilização do experimento **Bebedouro de Passarinho** (figura 4) objetiva proporcionar uma análise entre as pressões atmosférica e hidráulica. Nesse caminho, o manuseio desse mecanismo consiste em colocar o dispositivo na horizontal e enchê-lo com água colorida e em seguida posicioná-lo na vertical, observando que a água não escoa pela abertura que se encontra abaixo do nível d'água dentro do recipiente, constatando o equilíbrio entre as pressões

atmosférica e hidráulica. Em seguida, tem-se a figura do dispositivo bebedouro de passarinho.

Figura 4: Bebedouro de passarinho



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

3.5 Procedimento da ferramenta vasos comunicantes

O experimento **Vasos Comunicantes** (figura 5) que tem o objetivo oportunizar a investigação de que independente do formato do recipiente, ou de sua inclinação, a coluna de líquidos estará sempre no mesmo nível, de forma a criar pontes didáticas para formalização dos conhecimentos relacionados a pressão hidrostática em reservatórios interligados entre si.

Nesse caminho, o manuseio desse aparato é apresentar o comportamento do líquido dentro dos recipientes em situações em que o mecanismo encontra-se desequilibrado, ou seja, uma de suas extremidades está mais elevada do que a outra

em relação à superfície em que se encontra apoiado o artefato, demonstrando que o nível horizontal do fluido dentro dos recipientes não muda mesmo quando estes estão em desequilíbrio, manifestando a ação da pressão atmosférica. A seguir, apresenta-se a figura do artefato vasos comunicantes.

Figura 5: Vasos comunicantes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

3.6 Procedimento da ferramenta elevador hidráulico

O procedimento de utilização do experimento **Elevador Hidráulico** (figura 6) possibilita investigar a transmissão de acréscimos de pressão sofrida por um líquido em equilíbrio para todos os pontos do líquido e das paredes do recipiente no qual ele está contido, identificado pelo relação de proporcionalidade entre as forças aplicadas e as áreas das superfícies de atuação delas. Tal procedimento possibilita a formalização conceitual do princípio de Pascal.

Nesse sentido, o uso dessa ferramenta consiste em pressionar os êmbolos das seringas para baixo, constatando a diferença de força aplicada em cada um dos êmbolos, proporcionando o entendimento da relação força e área na compreensão do conceito de pressão. Em seguida, apresenta-se a figura do mecanismo elevador hidráulico.

Figura 6: Elevador hidráulico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

5.7 Procedimentos do equipamento balança do empuxo

O mecanismo **Balança do Empuxo** (figura 7) é um experimento que possibilita investigar o peso do volume de fluido deslocado por um objeto mergulhado nesse fluido, através da avaliação dos pesos dos objetos suspensos na balança. Esse

experimento apresenta elementos didáticos que propiciam a compreensão conceitual do princípio de Arquimedes.

Nesse sentido, o manuseio deste instrumento baseia-se em desequilibrar a balança por meio de uma pedra amarrada em um dos pratos da balança. Em seguida, coloca-se uma porção de areia no outro prato da balança até equilibra-la novamente. Posteriormente, põe-se a pedra dentro de um recipiente com água, desequilibrando a balança. Durante a submersão do pedra, recolhe-se a fração d'água extravasada por uma abertura na altura em que se encontra o nível d'água. Depois, coloca-se a água recolhida no prato da balança em que se encontra a pedra amarrada, voltando a equilibrar novamente a balança. A figura seguinte apresenta apetrecho balança do empuxo.

Figura 7: Balança do empuxo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo é dedicado a apresentar os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento desta pesquisa, através da caracterização do ambiente de pesquisa e da organização metodológica. Além disso, também é apresentado as atividades experimentais de intervenção – objeto de investigação dessa pesquisa. Além do mais, apresentam-se também os procedimentos desenvolvidas durante a atividade experimental, bem como os questionamentos levantados no decorrer da aulas práticas. O planejamento do conteúdo encontra-se no apêndice B deste documento.

4.1 Caracterização do ambiente de pesquisa

A pesquisa foi realizada entre os dias 07 de março e 11 de abril de 2022, na Escola Estadual João Alencar de Medeiros (EEJAM), localizada no município de Ipueira-RN. A escola citada educa alunos da 1ª a 3ª série do ensino médio regular. Assim, adequaram-se os horários dos encontros da pesquisa aos turnos das aulas regulares do curso de Física oferecido pela escola, permitindo que as aulas fossem desenvolvidas nos horários normais do referido curso.

A série escolhida para o desenvolvimento da pesquisa foi a turma do segundo ano. Essa turma é formada por vinte e um (21) alunos, porém, somente dezessete (17) destes estudantes compareceram efetivamente às aulas. Além disso, os estudantes dessa série não tiveram oportunidade de conhecer os assuntos relacionados aos conhecimentos hidrostáticos, conteúdos que são geralmente apresentados na primeira série do ensino médio.

4.2 Desenvolvimento das aulas

Os encontros tinham duração de 100 minutos, dividido em duas aulas de 50 minutos e um intervalo de 5 minutos entre elas. Com exceção do primeiro e último encontro, os quais foram aplicados testes com o intuito de colher informações, os demais momentos foram executados por meio de aulas práticas e expositivas.

Nesse cenário, os encontros foram desenvolvidas com atividades experimentais na primeira aula e em seguida, no segundo instante, com

apresentações de PDFs e explicações do assunto abordado com uso de projetor e lousa, além de resoluções de problemas teóricos envolvidos no conteúdo.

Durante o terceiro encontro, observou-se que os alunos ficavam distraídos no decorrer da aula expositiva, dificultando o entendimento e a compreensão dos conceitos abordados. Diante desse problema, adotou-se intercalar apresentações de PDFs e resoluções de exemplos matemáticos durante as atividades experimentais, buscando solucionar o desvio de atenção observado nos primeiros encontros.

4.3 Procedimentos metodológicos

Os experimentos construídos foram utilizados como elementos para propiciar a investigação e análise dos fenômenos hidrostáticos. Tal processo teve por objetivo construir a formalização dos conceitos e princípios a partir das conclusões obtidas pelos alunos dos procedimentos experimentais realizados.

No primeiro momento, realizou-se um levantamento da compreensão dos aprendizes sobre fenômenos hidrostáticos presentes no cotidiano, com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados aos fenômenos hidrostáticos, coletando-se dados por meio de um questionário com perguntas abertas.

Durante as atividades experimentais, os alunos foram divididos em três grupos, sendo dois destes formados por seis estudantes e um dos grupos, por cinco alunos, totalizando 17 discentes. Por não haver o laboratório de Física na escola, as atividades práticas ocorreram no espaço normal onde se praticam as aulas expositivas.

Para fins de coleta de dados sobre a aprendizagem dos alunos proporcionada no desenvolvimento dos procedimentos experimentais, adotou-se o diário de bordo como instrumento para registrar esses dados. Dessa forma, os alunos foram orientados a registrarem suas observações no diário ao passo da realização de cada procedimento experimental. Por fim, após a realização de todas as atividades experimentais, avaliou-se a aprendizagem dos conceitos através de uma atividade avaliativa. A seguir, apresentam-se os problemas investigados no questionário semiestruturado, a metodologia adotada nas atividades experimentais e os problemas utilizado para avaliação da aprendizagem.

AULA 1, nesta aula aplica-se uma lista de sete (7) questões abertas e dissertativas com perguntas contextualizadas com os conceitos hidrostáticos,

objetivando verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados aos fenômenos hidrostáticos. A seguir, apresenta-se a lista de perguntas do questionário semiestruturado.

Questionário semiestruturado

- 1- Por que certos os objetos colocados na água afundam e outros não?
- 2- Ao colocarmos água ou refrigerante em um copo e em seguida adicionarmos cubos de gelo nesse copo, observamos que os cubos não afundam totalmente no líquido. Por que isso acontece?
- 3- Você já teve a sensação de que objetos ou pessoas ficam mais leves quando estão numa piscina, açude, lago ou no mar? Como você explicaria isso?
- 4- Na figura a seguir, temos um mecânico levantando a lateral de um carro com sua própria força, utilizando unicamente uma ferramenta conhecida como jacaré hidráulico. Como isso é possível?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 8: Figura representativa da questão 4 do questionário semiestruturado



Figura 9: <https://www.magazineluiza.com.br/portaldalu/saiba-escolher-macaco-hidraulico-jacare/91550/>

- 5- Os pedreiros usam mangueiras de nível (mangueira transparente com água em seu interior) para nivelar horizontalmente paredes ou outros itens da construção. Por que a mangueira de nível é uma ferramenta conveniente para esse procedimento?

6- As empresas responsáveis pela distribuição de água de uma cidade utilizam geralmente uma caixa d'água de grande porte localizada na parte mais alta da cidade. Por que esses reservatórios são construídos nas regiões mais altas das cidades?

7- Os pedreiros costumam usar pranchas de madeira para trabalharem por cima dos telhados feitos de argila (barro), evitando que as telhas quebrem. Como isso é possível?

Diante do questionário semiestruturado, busca-se compreender o entendimento que os estudantes têm dos conceitos hidrostáticos apresentados de maneira contextualizados com o mundo dos alunos. A seguir, apresentam-se exemplos de respostas cientificamente aceitas para a lista do questionário semiestruturado.

Na Questão 1, espera-se que o aluno aponte a densidade como solução para o problema, descrevendo que os objetos afundam ou não na água em virtude de possuir ou não, respectivamente, densidade maior ou menor em relação à densidade da água.

Na Questão 2, especula-se que o estudante alegue que o gelo, embora seja constituído de água, flutue na mesma ou no refrigerante, que possui grande quantidade de água, em virtude de sua densidade ser menor do que a densidade da água ou do refrigerante.

Na Questão 3, julga-se que o discente descreva que a sensação de sentir-se mais leves quando estão dentro de ambientes com água, se der em virtude do Empuxo, força que age debaixo para cima.

Na Questão 4, espere-se uma resposta seja alinhada ao teorema de Pascal, apontando que o mecânico consegue erguer a lateral do carro devido a ferramenta "macaco hidráulico" possibilitar a transmissão força multiplicada que o mecânico aplica na ferramenta, elevando a lateral do automóvel.

Na Questão 5, a qual contextualiza o teorema de Stevin, deseja-se que a solução apontada indique que os níveis d'água dentro da mangueira não se alteram em virtude das pressões atmosférica (p_a) e hidrostática (água).

Na Questão 6, indagação que também se relaciona com o teorema de Stevin, especula-se que os discentes apontem que a diferença de altura entre a caixa d'água

da empresa e das residências ocasionem um desequilíbrio de pressão, ocasionando o escoamento da água da caixa da empresa para as residências.

Na Questão 7, em que tem-se a contextualização do conceito de pressão, espera-se que os estudantes descrevam que o uso da prancha de madeira oportuniza distribuir o peso dos pereiros sobre a prancha, dividindo o peso em uma área maior, diminuindo, assim, a pressão exercida pelo peso do pedreiro.

As atividades experimentais foram planejadas com metodologias que possibilitassem os alunos investigarem e, conseqüentemente, conseguissem formalizar os conceitos hidrostáticos atrelados aos dispositivos, atendendo ao objetivo específico: desenvolver os conceitos da hidrostática por meio de atividades experimentais investigativas. A seguir, expõe-se os roteiros das atividades experimentais utilizados nas aulas práticas.

AULA 2, neste encontro foi disponibilizado o mecanismo experimental torre de fluidos e objetos, ferramenta que propicia trabalhar de maneira investigativa o conceito de pressão. Nesta atividade, investiga-se o comportamento do mel, da água e do óleo de cozinha colocados em um recipiente transparente, manifestando a conduta dos fluidos que possuem maiores densidade, os quais tende a localizarem abaixo dos fluidos que possuem menores densidades, e assim, de forma semelhante, trabalha-se com objetos que também possuem densidades distintas e fazem parte da atividade. . A seguir, apresenta-se o roteiro desta atividade, contendo etapas procedimentais e questões que se relacionam com comportamentos que são características dos fluidos e objetos no decorrer da aula prática.

Roteiro da atividade experimental 1

(Torre de fluidos e objetos)

Usar o diário de bordo para registrar as observações e respostas dos questionamentos deste roteiro, como também anotar soluções de questões orais surgidas durante o desenrolar da atividade experimental.

1º Passo

Verificar as massas dos fluidos (mel de açúcar, água e óleo de cozinha), anotando os valores das referidas massas de cada substância envolvidas no processo.

2º Passo

Coloque o óleo de cozinha no copo de vidro. Em seguida, adicione o mel de açúcar ao óleo de cozinha de forma que o mel desça pela lateral interna do copo, descrevendo o ocorrido.

- Qual o comportamento dos fluidos no recipiente?
- Por que isso acontece?

3º Passo

Com o mel de açúcar e o óleo de cozinha no copo, acrescente a água, de forma que a mesma desça pela lateral interna do copo, relatando a conduta d'água na composição água, mel e óleo.

- Qual a posição d'água em relação ao óleo e ao mel?
- Por que a água se localizou dessa forma?

4º Passo

Com os três fluidos (mel de açúcar, água e óleo de cozinha) juntos num só copo, coloque a uva ao conjunto de fluidos e observe o comportamento da mesma, anotando o ocorrido.

- Em qual local que se posicionou a uva?

5º Passo

Repita o mesmo procedimento do 4º Passo para os demais objetos, seguindo a seguinte ordem: bola de isopor, bola de gude e bola de plástico, analisando o comportamento desses objetos perante os diferentes fluidos, além de anotar as observações dos comportamentos desses objetos nos fluidos.

AULA 3, nesta aula trabalha-se as ferramentas experimentais cama de palitos e elevador hidráulico, mecanismos que proporcionam investigar o conceito de pressão e o teorema de Pascal, respectivamente. Inicialmente, averigua-se o comportamento de um balão de festa ao ser pressionado sobre placas de isopor que possuem pontas de palitos de dente voltadas para o balão e que, gradualmente, vai aumentando-se a densidade de palitos com a troca de placas. Além disso, trabalha-se também com o dispositivo elevador hidráulico, onde examina-se a diferença de força aplicada em

seringas de diâmetros diferentes. A seguir, apresenta-se o roteiro desta atividade com suas etapas e procedimentos característicos desta a atividade.

Roteiro da atividade experimental 2

(Cama de palitos e elevador hidráulico)

Usar o diário de bordo para registrar as observações e respostas dos questionamentos deste roteiro, como também anotar soluções de questões orais surgidas durante o desenrolar da atividade experimental.

1º Passo

Na moldura, encaixe a placa de isopor número 1. Em seguida, coloque um dos balões sobre a placa, de forma que o balão fique sobre os palitos fixados na mesma. Depois, ponha a tampa de compressão sobre o balão e coloque a anilha de 1 kg em cima da tampa de compressão, encaixando-a no suporte da tampa.

- O que aconteceu com o balão?

2º Passo

O que vocês esperam que aconteça com outro balão ao retirar a placa 1, e em seguida, colocar a placa 2 e repetir o mesmo procedimento do 1º passo?

Por que o ocorrido não foi o que aconteceu com o balão do 1º passo?

3º Passo

Depois, ainda com a placa 2, faça o mesmo procedimento realizado no 2º passo, desta vez, utilizando a anilha de 4 kg.

- O que aconteceu com o balão?
- Como vocês explicam isso?

4º Passo

O que vocês esperam que aconteça com o balão ao trocar a placa 2 pela placa 3 e em seguida colocar a anilha de 4 kg sobre a placa de compressão?

O que ocorreu?

Explique o motivo do ocorrido:

5º Passo

Por fim, utilizando o elevador hidráulico, ponha o garrafa pet com areia, cuja massa é de 350 g sobre a seringa do lado B, pressionando a seringa do lado A. Logo em seguida, inverta o processo, isto é, coloque o garrafa sobre a seringa do lado A e pressione a seringa do lado B. Faça esses procedimentos algumas vezes.

O que vocês perceberam?

Qual a explicação para isso?

AULA 4, neste encontro, utilizam-se três apetrechos experimentais que favorecem investigar o teorema de Stevin. No primeiro momento, trabalha-se com manômetro em forma de “U”, demonstrando a diferença de pressão ao profundar o bastão dentro reservatório com água; em um segundo instante, verifica-se o equilíbrio das pressões atmosférica e hidráulica no bebedouro de passarinho; e por fim, analisa-se o equilíbrio dos níveis de água no dispositivo vasos comunicantes quando o mesmo é desnivelado em suas extremidades. A seguir, apresenta-se o roteiro com os passos e procedimentos desta atividade.

Roteiro da atividade experimental 3

(Manômetro em forma de “U”, bebedouro de passarinho e vasos comunicantes)

Usar o diário de bordo para registrar as observações e respostas dos questionamentos deste roteiro, como também anotar soluções de questões orais surgidas durante o desenrolar da atividade experimental.

1º Passo

No manômetro, pegue o bastão e movimente-o o sensor de pressão sobre a superfície d'água no reservatório com movimentos horizontais.

- O que acontece com o nível d'água na placa de registro?

2º Passo

Pegue o bastão novamente e, de forma semelhante, repita os mesmo procedimentos realizados no passo 2, porém com movimentos executados de maneira vertical, ou seja, mergulhando o sensor de pressão dentro do recipiente com água, subindo e descendo o sensor.

- Qual o comportamento observado na placa de registro?

3º Passo

Segure o bebedouro de passarinho na direção horizontal, de forma que a abertura fique voltada para cima. Em seguida, encha todo o recipiente com água e coloque-o na vertical.

- O que acontece com a água?
- Era o que você esperava?
- Por que ocorreu isso?

4º Passo

No vasos comunicantes, coloca-se uma certa quantidade de água, de maneira que seja possível observar o nível da mesma em todos os reservatórios interligados.

- Qual o nível d'água em todos os recipientes?
- Como você explica o comportamento dos níveis?

5º Passo

Em seguida, movimente as extremidades do mecanismo vasos comunicantes de forma vertical e observe os níveis da água nos reservatórios.

- Os níveis foram alterados?
- Como você explica esse comportamento dos níveis?

AULA 5, Nesta aula prática, trabalha-se o instrumento balança do Empuxo, artefato que possibilita investigar o teorema de Arquimedes. Verifica-se, inicialmente, o desequilíbrio da balança no momento em que a pedra é colocada dentro de um recipiente com água, demonstrando a ação do Empuxo. Além disso, analisa-se o resultado do peso da pedra fora e dentro d'água, constatando que o peso da pedra fora d'água é igual ao peso da mesma dentro d'água somada ao peso da água extravasada. A seguir, apresenta-se o roteiro com os procedimentos adotados e etapas desta atividade.

Roteiro da atividade experimental 4

(Balança do Empuxo)

Usar o diário de bordo para registrar as observações e respostas dos questionamentos deste roteiro, como também anotar soluções de questões orais surgidas durante o desenrolar da atividade experimental.

1º Passo

No balança inicialmente equilibrada, coloque a pedra dentro do recipiente com água.

- O que acontece com o equilíbrio da balança?
- Por que isso ocorreu?

3º Passo

No outro lado da balança, onde não se encontra a pedra, levante o prato da balança até equilibrar a mesma, de forma que a pedra que se encontra na outra extremidade da balança fique totalmente submersa na água. Em seguida, retire a tampa da abertura no reservatório e recolha, em copo descartável, a água que derrama pelo orifício. Ponha o copo com a água recolhida no prato do lado em que se encontra a pedra.

- O que acontece com o equilíbrio?
- Como você explica isso?

4º Passo

Por meio de um dinamômetro, verifique a força peso da pedra. Em seguida, coloque a pedra dentro recipiente, de maneira que a mesma fique totalmente imersa, e verifique novamente o peso da pedra com o dinamômetro.

- O que ocorreu com o peso da pedra antes e depois da mesma ser submersa?

5º Passo

Em seguida, abra a tampa do orifício no recipiente e recolha a água que sai pela abertura. Com o dinamômetro, verifique o peso da água recolhida.

- Qual o resultado da soma entre o peso da água recolhida e o peso da pedra quando ela se encontra submersa? É igual ao peso da pedra fora d'água?

AULA 6, neste encontro, busca-se colher dados que possibilite compreender a formalização dos conceitos hidrostáticos trabalhados por meio de atividades experimentais, atendendo o objetivo de investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos fundamentais da hidrostática. Dessa forma, aplica-se uma lista de questões abertas e objetivas, proporcionando que os estudante apresentem o entendimento desenvolvido pelos mecanismos experimentais trabalhados no decorrer da pesquisa. A seguir, apresenta-se as questões da atividade avaliativa dos conteúdos.

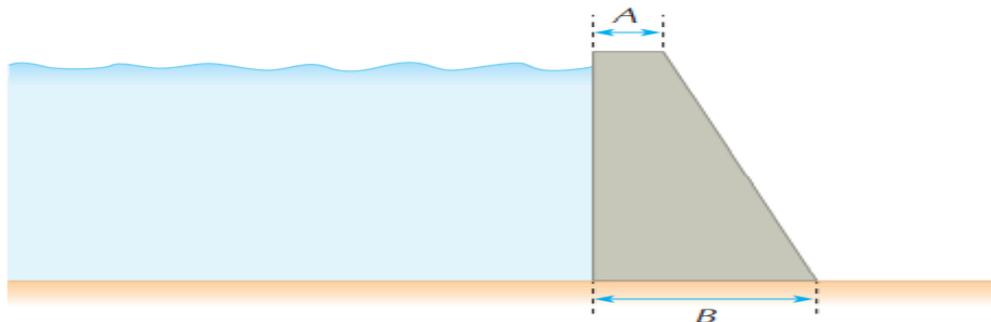
Questionário da atividade avaliativa dos conteúdos

1) Um estudante durante uma atividade experimental observou que, ao colocar dois líquidos imersíveis (L_1 e L_2) juntos em recipiente, os fluidos tiveram comportamento diferentes, isto é, um desses líquidos, (L_1), localizou-se no fundo do reservatório, enquanto que o outro líquido, L_2 , situou-se na parte superior do recipiente. Por que os líquidos apresentaram esse comportamento?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

2) (Adaptada UFV-MG) As represas normalmente são construídas de maneira que a largura da base da barragem, B , seja maior que a largura da parte superior, A , como ilustrado na figura abaixo.

Figura 10: Figura representativa da questão 2 do questionário avaliativo



Fonte: Ramalho Junior; Ferraro; Soares, 2009.

Essa diferença de largura justifica-se, principalmente, pelo(a):

- A) aumento da pressão da água sobre a barragem com a profundidade.
- B) diminuição da pressão da água sobre a barragem com a profundidade
- C) aumento do empuxo exercido pela água com a profundidade.

D) diminuição do empuxo exercido pela água com a profundidade.

3) Para realizar uma atividade experimental, um grupo de estudantes pesaram um bloco de tijolo fora d'água, em seguida repetiram o procedimento de pesagem, porém com o bloco de tijolo submerso dentro de recipiente com água. Os estudantes constataram que:

A) o peso do bloco de tijolo era maior dentro d'água, pois a água exercia uma força vertical de cima para baixo, no mesmo sentido da força peso.

B) o peso do bloco de tijolo era menor, porque a água exercia uma força vertical de baixo para cima, no sentido oposto da força peso.

C) o peso do bloco de tijolo era o mesmo fora e dentro d'água, pois a água não influenciou no peso do bloco dentro d'água.

D) Nenhuma das alternativas anteriores.

4) Um estudante deseja saber qual objeto flutua na água: o objeto A, que tem massa de 15 g e um volume de 10 cm^3 ou o objeto B, que possui massa de 15 g e seu volume é de 20 cm^3 . Assim, de acordo com os cálculos realizados pelo estudante, qual dos objetos flutuará na água? Considere a densidade da água igual a 1 g/cm^3 .

5) (Adaptada exercícios mundo educação) Marque a alternativa correta a respeito do Princípio de Pascal.

A) A pressão aplicada sobre um ponto qualquer de um fluido não é transmitida integralmente para todos os pontos desse fluido.

B) A pressão aplicada sobre um fluido é transmitida integralmente para todos os pontos do líquido.

C) A pressão aplicada sobre um fluido é transmitida integralmente para todos os pontos de um fluido desde que o recipiente seja feito de material liso.

D) A pressão aplicada sobre um fluido é transmitida integralmente para todos os pontos de um fluido desde que o recipiente seja feito de material com coeficiente de atrito desprezível.

6) (Adaptada Uerj) Um adestrador quer saber o peso de um elefante. Utilizando uma prensa hidráulica, consegue equilibrar o elefante sobre um pistão de 2.000 cm^2 de área, exercendo uma força vertical F equivalente a 200 N , de cima para baixo, sobre o outro pistão da prensa, cuja área é igual a 25 cm^2 . Par resolver esse problema, o adestrador fará uso de um princípio físico, qual o princípio que o adestrador terá que utiliza-lo para descobrir o peso do elefante?

Figura 11: Figura representativa da questão 4 do questionário avaliativo



Fonte: Ramalho Junior; Ferraro; Soares, 2009.

- A) O Teorema de Stevin, a diferença de pressão se dá pela diferença de altura da coluna de líquidos entre os pistões.
- B) O Teorema de Pascal, a pressão aplicada a um dos pistões é transmitida igualmente para o outro pistão.
- C) O Teorema de Arquimedes, o pistão em que se encontra o elefante recebe uma força vertical de baixo para cima igual ao peso do líquido deslocado.
- D) A Densidade, o pistão em que se encontra o elefante possui densidade maior do que o pistão onde a força está sendo aplicada.

De acordo com a escolha da sua alternativa, encontre o peso do elefante.

7) Um fazendeiro dispõe de dois veículos (V_1 e V_2) na sua propriedade, ambos com o mesmo peso. Um desses veículos (V_1) possui pneus bem estreitos, e o outro veículo (V_2) tem os pneus com o dobro de largura do primeiro veículo (V_1). O fazendeiro deseja fazer um percurso na sua propriedade, porém ele sabe que existe um rio com areia seca no meio do percurso. Diante desse obstáculo, qual dos veículos ele deve usar?

- A) O veículo V_1 , que possui pneus estreitos, proporcionando maior pressão, dificultando que os pneus afundem na areia.

- B) O veículo V_2 , que possui pneus lagos, proporcionando menor pressão, dificultando que os pneus afundem na areia.
- C) O veículo V_1 , que possui pneus estreitos, proporcionando menor pressão, dificultando que os pneus afundem na areia.
- D) O veículo V_2 , que possui pneus lagos, proporcionando maior pressão, dificultando que os pneus afundem na areia.

8) Um grupo de alunos realizaram uma atividade experimental com garrafa pet. Eles fizeram um corte horizontal na garrafa, 15 cm acima da base. Além disso, amassaram a parte superior do corte, de maneira que fosse possível colocar algum fluido dentro da garrafa pela abertura, além do mais, foi colocada uma fita adesiva na parte inferior da abertura, elevando em 1 cm o nível inferior do corte. Por fim, com o mecanismo pronto, os alunos colocaram a garrafa na horizontal e encheram a mesma com água. Logo após, colocaram a garrafa na vertical, de forma que o nível da água dentro da garrafa ficasse mais alto do que a abertura que eles tinham feito na base. Para a surpresa de todos, a água não derramou pelo corte feito na base. Por que a água não saiu pela abertura?

Perante à atividade avaliativa dos conteúdos, procura-se compreender se as atividades experimentais de fato formalizam os conceitos hidrostáticos, análise possibilitada em virtude das respostas que os alunos depositam no questionário. A seguir, apresenta-se as expectativas esperadas como solução para as oito (8) questões referentes desta atividade.

Na Questão 1, a qual refere-se ao conceito de densidade, especula-se que os estudantes associem o problema desta questão ao que se apresenta na atividade com a torre de fluidos e objetos, apresentado que o líquido L_1 se posiciona mais a fundo recipiente em virtude de possuir maior densidade do que o líquido L_2 .

Na questão 2, em que se contextualiza o teorema de Stevin, espera-se que os alunos consigam ligar o problema da questão com os procedimentos no artefato manômetro em forma de “U”, assinalando a opção A, aumento da pressão da água sobre a barragem com a profundidade.

Na questão 3, em que se trabalha o teorema de Arquimedes, julga-se que os discentes façam a correlação entre o problema da questão e o entendimento desenvolvido com a atividade do manômetro, assinalando a opção B, o peso do bloco de tijolo era menor, porque a água exercia uma força vertical de baixo para cima, no sentido oposto da força peso.

Na questão 4, a qual aborda o conceito de densidade, espera-se que o alunos compreendam a relação massa/volume, característica inerente de tal conceito, resolvendo o cálculo e apontando que o objeto A afunda na água por apresentar densidade de $1,5 \text{ g/cm}^3$, maior do que a densidade da água $1,00 \text{ g/cm}^3$, e que o objeto B flutua na água em virtude de possuir densidade de $0,75 \text{ g/cm}^3$, menor do que a densidade da água.

Na questão 5, em que se trata do teorema de Pascal, imagina-se que os estudantes assimilem a compreensão desenvolvida com o mecanismo elevador hidráulico, onde apresenta-se que a pressão é transferida de forma integral entre as seringas, assinalando a opção B, a pressão aplicada sobre um fluido é transmitida integralmente para todos os pontos do líquido.

Na questão 6, que também aborda o teorema de Pascal, especula-se os discentes entenda que a pressão é mesma nos dois extremos, assinalando a opção B, o teorema de Pascal, a pressão aplicada a um dos pistões é transmitida igualmente para o outro pistão, e dessa forma consiga encontrar o peso do elefante pela fórmula $F_1 / A_1 = F_2 / A_2$.

Na questão 7, a qual contextualiza o conceito de pressão, espera-se que os alunos consigam ligar o problema da questão ao entendimento desenvolvido na atividade com a cama de palitos, descrevendo que o veículo V_2 é o mais apropriado para vencer o obstáculo, assinalando a opção B, o veículo V_2 , que possui pneus lagos, proporcionando menor pressão, dificultando que os pneus afundem na areia.

Na questão 8, em se apresenta a consequência do teorema de Pascal, imagina-se que os estudantes consigam associar esse procedimento ao comportamento apresentados na atividade com o bebedouro de passarinho, argumentando que o equilíbrio entre a pressão atmosférica e a pressão hidráulica possibilita a água não escoar pela abertura abaixo do nível da água, e que a ausência de ar dentro do recipiente é um dos fatores, além da pressão atmosférica fora do reservatório, que colaboram para a ocorrência de tal fenômeno.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os resultados extraídos da intervenção pedagógica, descrevendo os dados levantados junto à pesquisa, onde foram avaliados o questionário semiestruturado (pré-teste), observações das atividades experimentais descritas no diário de bordo e a análise da atividade avaliativa conteúdos. Ainda nesta seção, juntamente com as questões do questionário semiestruturado, das observações das atividades e das questões da atividade avaliativa dos conteúdos, são exibidos imagens que registram cada um desses itens citados anteriormente.

Com o objetivo de facilitar o entendimento da leitura desta seção, a mesma foi dividida em três subseções: a primeira expõe os resultados do questionário semiestruturado, a segunda manifesta as observações das atividades experimentais e a terceira apresenta os resultados da atividade avaliativa dos conteúdos.

Para melhor clareza, são apresentados as respostas dos alunos de maneira individual e em grupo. As atividades em grupo foram adotadas em virtude da mesma representar o resultado debatido e dialogado entre os membros da equipe.

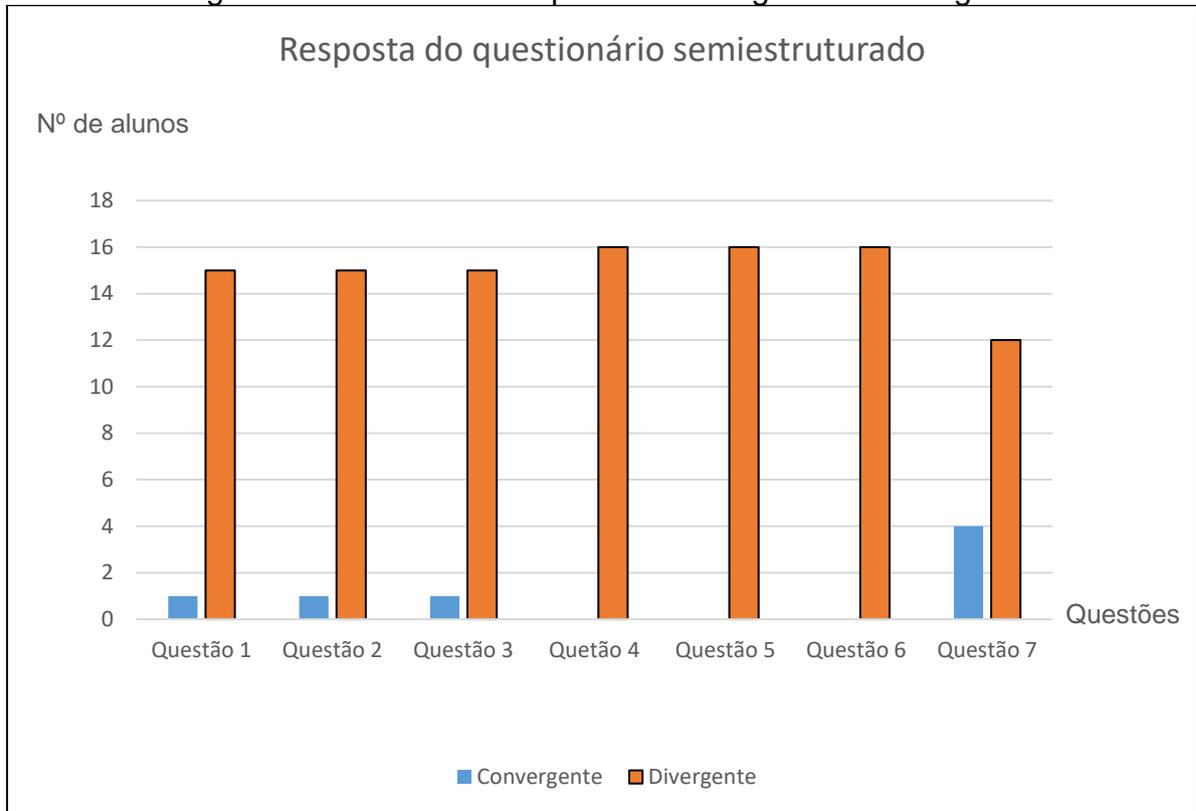
Além disso, os alunos são denominados pela (A) seguido de um número no expoente, o qual representa o aluno em questão. De forma semelhante, os grupos são apresentados pela lera (G), também acompanhadas de números no expoente. Esta configuração de apresentar os alunos e os grupos foram adotadas como forma de preservar o anonimato dos estudantes envolvidos na pesquisa.

5.1 Análises do questionário semiestruturado

No início, foi aplicado um questionário semiestruturado com seis questões abertas e dissertativas relacionadas com os conceitos da Hidrostática, buscando identificar os conhecimentos prévios dos alunos envolvidos na análise. Em seguida, disponibilizou-se os roteiros e questionamentos das atividades experimentais, auxiliando na tentativa de indicações da aprendizagem significativa dos conhecimento hidrostáticos.

A figura seguinte expõe os resultados extraídos do questionário semiestruturado, apresentando as respostas dos estudantes que concordam com paradigmas científicos atuais e também aquelas que divergem deste modelo.

Figura 12: Gráfico das respostas convergentes e divergentes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

De acordo com o gráfico, nota-se que o número de respostas cientificamente não aceita (divergentes) foram relativamente maior do que as respostas cientificamente aceitas (convergentes) no momento atual. Contudo, é importante destacar que estes alunos não participaram de qualquer forma de aprendizagem dos conceitos hidrostático em ambientes educacionais.

No decorrer da aplicação do questionário semiestruturado, alguns alunos relataram não saber o que colocar como resposta de determinadas questões. Neste instante, o aplicador do questionário orientou a importância de não deixar nenhuma questão sem resposta, porém alguns alunos não descreveram nenhum tipo de resultado para certas questões.

Na questão 1, referente ao conceito de densidade, observou-se que 10 dos alunos atribuíram o peso como possível solução da questão. A figura seguinte apresenta a resposta do alunos A⁵, A⁶ e A⁷, respectivamente.

Figura 13: Resposta da questão 1, alunos A⁵, A⁶ e A⁷

1- Por que certos os objetos colocados na água afundam e outros não?

Porque uns são mais pesados e outros são mais leves.

Alguns objetos são mais leves e outros são mais pesados.

um objeto com muito peso afundam já os objetos que são mais leves na água.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

De acordo com estas respostas, fica claro que os alunos associam peso à massa, características de conhecimentos adquiridos do cotidiano desses estudantes.

A questão 2 busca compreender os conhecimentos dos alunos referentes ao Empuxo. Dentre os 16 alunos, 5 deles apresentaram suas respostas relacionando a gravidade como causa principal do Teorema de Arquimedes, confundindo o Empuxo com a gravidade. A seguir, apresentam-se as respostas dos alunos A³ e A⁷, respectivamente.

Figura 14: Resposta da questão 2, alunos A³ e A⁷

2- Você já teve a sensação de que objetos ou pessoas ficam mais leves quando estão numa piscina, açude, lago ou no mar? Como você explicaria isso?

Já sim, pois a água deixa a gravidade menor o peso.

Sim, pois a gravidade da água faz com que a pessoa não afunde.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Examinando as respostas da questão 3, a qual também associa-se ao conceito de densidade, percebeu-se que somente 2, dos 10 alunos que atribuíram o peso como possível solução para questão 1, permaneceram com esse entendimento na resposta da questão 3. A seguir, apresentam-se as respostas dos alunos A⁹ e A¹¹.

Figura 15: Resposta da questão 3, alunos A⁹ e A¹¹

3- Ao colocarmos água ou refrigerante em um copo e em seguida adicionarmos cubos de gelo nesse copo, observamos que os cubos não afundam totalmente no líquido. Por que isso acontece?

POIS É LEVE E POR ISSO FICA FLUTUANDO
E POR ISSO OS CUBOS NÃO AFUNDA.

por que os gelos são leves.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Averiguando as respostas dos alunos com relação à questão 4, a qual refere-se ao Teorema de Pascal, observou-se que 12 dos estudantes associaram o funcionamento do jacaré hidráulico à uma força aplicada à ferramenta, porém sem mencionar a pressão como fator determinante da questão. Na figura seguinte, apresentamos as respostas dos alunos A⁹ e A¹⁵, respectivamente.

Figura 16: Resposta da questão 4, alunos A⁹ e A¹⁵

4- Na figura a seguir, temos um mecânico levantando a lateral de um carro com sua própria força, utilizando unicamente uma ferramenta conhecida como jacaré hidráulico. Como isso é possível?

Figura 1: "jacaré" hidráulico



Figura 2: <https://www.magazineluiza.com.br/portaldalu/saiba-escolher-macaco-hidraulico-jacare/91550/>

PORQUE QUANTO MAIS FORÇA ELE
 COLOCA MAIS O JACARÉ HIDRÁULICO IRÁ
 LEVANTAR MAIS O CARRO.
 O "jacaré" hidráulico sustenta o peso do carro aplican-
 do força no chão.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Examinando os resultados adquiridos dos alunos referente à questão 5, observou-se que 4 dos estudantes reforçaram o objetivo do uso da mangueira, ou seja, ferramenta utilizada para nivelar elementos que compõem partes da construção civil, sem, contudo, associar a pressão atmosférica ao equilíbrio apresentado nos níveis de água presentes na mangueira. Abaixo apresentamos o resultado dos alunos A¹ e A¹⁴, respectivamente.

Figura 17: Resposta da questão 5, alunos A¹ e A¹⁴

5- Os pedreiros usam mangueiras de nível (mangueira transparente com água em seu interior) para nivelar horizontalmente paredes ou outros itens da construção. Por que a mangueira de nível é uma ferramenta conveniente para esse procedimento?

Por quando se coloca essa mangueira de nível em uma construção de uma parede, se a água estiver neta na mangueira, então, quando estiver nivelada, se a água estiver inclinada, se terá que nivelar essa construção.

para a construção ficar alinhada e neta

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Observando as resposta dos alunos com relação à questão 6, notou-se que 5 dos estudantes apresentaram a gravidade e também a diferença de altura como solução para a referida questão, sem que, porém, associar essa diferença de altura a uma desigualdade de pressão. A seguir expomos as respostas dos alunos A⁵, A⁶ e A¹², respectivamente.

Figura 18: Resposta da questão 6, A⁵, A⁶ e A¹²

6- As empresas responsáveis pela distribuição de água de uma cidade utilizam geralmente uma caixa d'água de grande porte localizada na parte mais alta da cidade. Por que esses reservatórios são construídos nas regiões mais altas das cidades?

Primeira ficar na parte mais alta para que a gravidade mande água para todas as casas.

A gravidade ajuda na distribuição da água para as casas.

para fazer com que a água desça com facilidade para os locais, e também a altura é um fator nesse processo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Analisando as respostas obtidas dos estudantes referente à questão 7, examinou-se que só 1 aluno mencionou a pressão como resposta, contudo mais 3 respostas foram consideradas convergentes em virtude de seus autores descreverem a distribuição da força por uma certa área como fator determinante para as telhas não quebrarem. A seguir temos as respostas dos alunos A¹, A³ e A⁴, respectivamente.

Figura 19: Resposta da questão 7, alunos A¹, A³ e A⁴

7- Os pedreiros costumam usar pranchas de madeira para trabalharem por cima dos telhados feitos de argila (barro), evitando que as telhas quebrem. Como isso é possível?

Pois essas pranchas são usadas para distribuir o peso do pedreiro e os materiais em várias telhas, não em uma só telha.

Pois o peso fica equilibrado e não recai só num canto.

Porque sem pressão nos cantos das telhas assim elas não vão quebrar.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

5.2 Análises das observações nos experimentos

Os estudantes foram divididos em grupos denominados por G¹, G² e G³, seguindo o número de dispositivos experimentais existentes para as atividades. Dessa forma, constituíram-se dois grupos de seis (6) alunos e um grupo formado por cinco (5) estudantes.

Os grupos receberam um diário de bordo para anotarem possíveis observações que viesse surgir durante as atividades experimentais, possibilitando análises futuras mais detalhadas desses registros feitos pelos estudantes. Além disso, foi disponibilizado um roteiro contendo etapas sequenciais das atividades e questões que

possibilitam instigar os alunos junto aos conceitos e conhecimento atrelados aos mecanismos experimentais. Os roteiros encontram-se no apêndice deste documento.

A primeira atividade experimental foi sobre densidade e ocorreu no dia 14 de março. A figura seguinte nos apresenta os estudantes em sala no momento da realização desta aula prática, manipulando os fluidos que faziam parte desta atividade.

Figura 20: Atividade sobre densidade



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

De acordo com os relatos que os estudantes fizeram sobre esta atividade, notou-se que os mesmos se mostraram surpreso com a conduta apresentada pelos fluidos durante à atividade, descrevendo as posições ocupadas pelas substâncias. A figura seguinte mostra os relatos apresentado pelos grupos G¹, G² e G³, respectivamente.

Figura 21: Observação 1 na torre de líquidos e objetos, grupos G¹, G² e G³

Aconteceu uma reação que o óleo não se misturou com o mel de açúcar, o mel de açúcar ficou concentrado no fundo do copo e óleo acima do mel, sem qualquer contato entre os dois! Ao colocar a água ela não teve contato com nenhum dos outros ficando no meio do recipiente.

O mel ficou abaixo do óleo assim que adicionado em cima.

Se formou três camadas, óleo, água e o mel.

O mel está abaixo do óleo, ambos não se misturou.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Analisando as observações registradas no diário de bordo, observa-se que grande parte dos alunos que compõem os grupos apontam como principal causa para o comportamento ocorrido nos fluidos e nos objetos durante a atividade experimental a diferença de massa, peso e consistência dos materiais, embora, em algum momento, os grupos façam uso do termo densidade e denso para justificar a conduta verificada nos elementos. A imagem seguinte apresenta as observações registradas pelos grupos G¹, G² e G³, respectivamente.

Figura 22: Observação 2 na torre de líquidos e objetos, grupos G¹, G² e G³

ao colocar a uma da
passou sobre o óleo e pela água
mais não passou pelo mel, por
causa de sua densidade.

Se formou três camadas, óleo, água e o mel, porque
a massa do mel é maior e mais pesada. Quando colo-
camos a urta nas três camadas, a urta boiou e ficou
na segunda camada, porque o mel é mais denso.

A urta não afundou no mel,
porque o mel é mais consistente. Di-
ferença de óleo e da água.

O isopor por ser mais leve não
passou do óleo. O peso não é resiliente.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

No dia 22 de março, aconteceu a segunda atividade experimental, onde trabalhou-se com os dispositivos cama de palitos e elevador hidráulico, mecanismos que possibilitam observar os conhecimentos sobre Pressão e Teorema de Pascal. A figura que se segue nos mostra os alunos manuseando o dispositivo cama de palitos.

Figura 23: Atividade sobre Pressão e Teorema de Pascal



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

No primeiro artefato da segunda atividade experimental, cama de palitos, observou-se que estudantes do grupo G¹ ficaram contrariado, alegando que espera que o balão estourasse ao colocar a placa 2, pois era algo semelhante ao que ocorrera com placa 1. A figura seguinte mostra o registro elaborado pelos alunos do grupo G¹.

Figura 24: Observação 1 na cama de palitos, grupo G¹

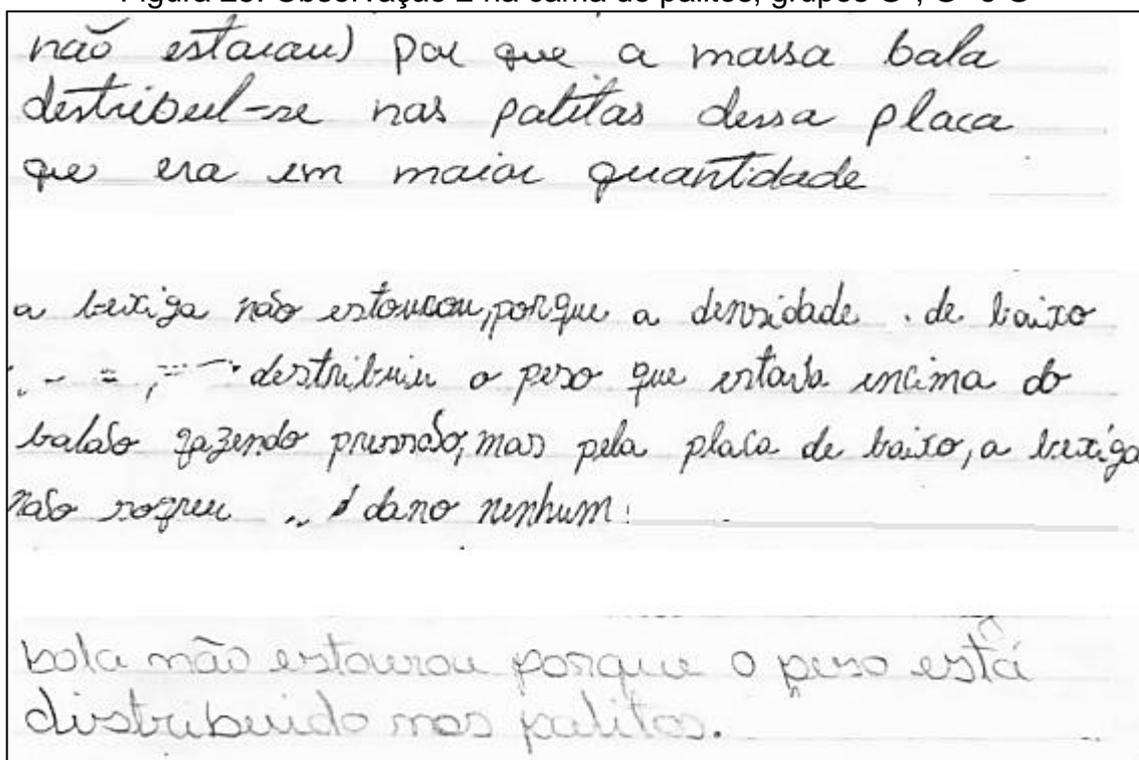
Na placa número 1 a bala estourou com o peso de 1kg; Na placa número 2 b gente acha que vai estourar; colocamos a placa 2 no lugar da placa 1. Porém o mesmo movimento não aconteceu o que não pensamos (a bala não estourou)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Analisando as observações feitas pelos grupos com relação ao desenvolvimento da atividade com o dispositivo cama de palitos, nota-se que, de

forma unânime, os grupos relatam que os balões têm seu rompimento dificultado à medida que se aumenta o número de palitos entre as placas. A seguir, apresenta-se a imagem da descrição que os G¹, G² e G³ fizeram durante a atividade com o mecanismo cama de palitos.

Figura 25: Observação 2 na cama de palitos, grupos G¹, G² e G³



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Além da ferramenta cama de palitos, nessa mesma aula prática foi trabalhado junto aos estudantes o dispositivo experimental elevador hidráulico, mecanismo que proporciona desenvolver conhecimentos ligados ao Teorema de Pascal. Nessa atividade os grupos destacaram a diferença de forças aplicadas em cada lado do mecanismo, embora associando, em algum momento, força e pressão como se fosse um único conceito. A figura seguinte apresenta os relatos observacionais dos grupos G¹, G² e G³, respectivamente.

Figura 26: Observação no elevador hidráulico, grupos G¹, G¹ e G³

No experimento 2 com o peso de 350g no lado A e pressionando com o lado B a força que pressionamos é menor do que o lado A; o peso no lado B a força colocada no lado A é maior.

• Na seringa A tem mais líquido do que o B e o peso fica elevado, porque a área da seringa A é maior assim tornando a pressão de B é menor.

Elevador hidráulico A: Seringa maior que precisava de mais pressão para retirar o líquido.

Elevador hidráulico B: Seringa menor não precisava colocar muita pressão acho que por ela ser menor.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A terceira atividade experimental aconteceu no dia 28 de março. Os alunos trabalharam com mecanismos que estavam ligados ao Teorema de Stevin. No desenvolvimento desta atividade foram utilizados o manômetro, o bebedouro de passarinho e o mecanismo de vasos comunicantes. A figura seguinte evidencia os estudantes durante a atividade com o manômetro em forma "U".

Figura 27: Atividade do Teorema de Stevin



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

No registro feitos pelos grupos de alunos referente ao mecanismo manômetro em forma “U”, observa-se que os estudantes destacam o desequilíbrio de pressão em relação à diferença de altura da superfície da água e pontos que se encontram em locais mais profundo, contrastando com observações feitos quando o bastão varre somente a superfície da água, sem registrar alteração nenhuma na pressão. A figura seguinte expõe as observações apontadas durante a atividade pelos grupos G^1 , G^2 e G^3 , respectivamente.

Figura 28: Observação no manômetro, G¹, G² e G³

Quando botamos o bastão na superfície na água não aconteceu nada e quando o bastão afundou na garrafa que a pressão da água pressionou o bastão que fez ele locomover-se para cima.

colocamos o bastão na água, pela diferença de pressão a água empurrou o bastão fazendo a pressão para o líquido subir.

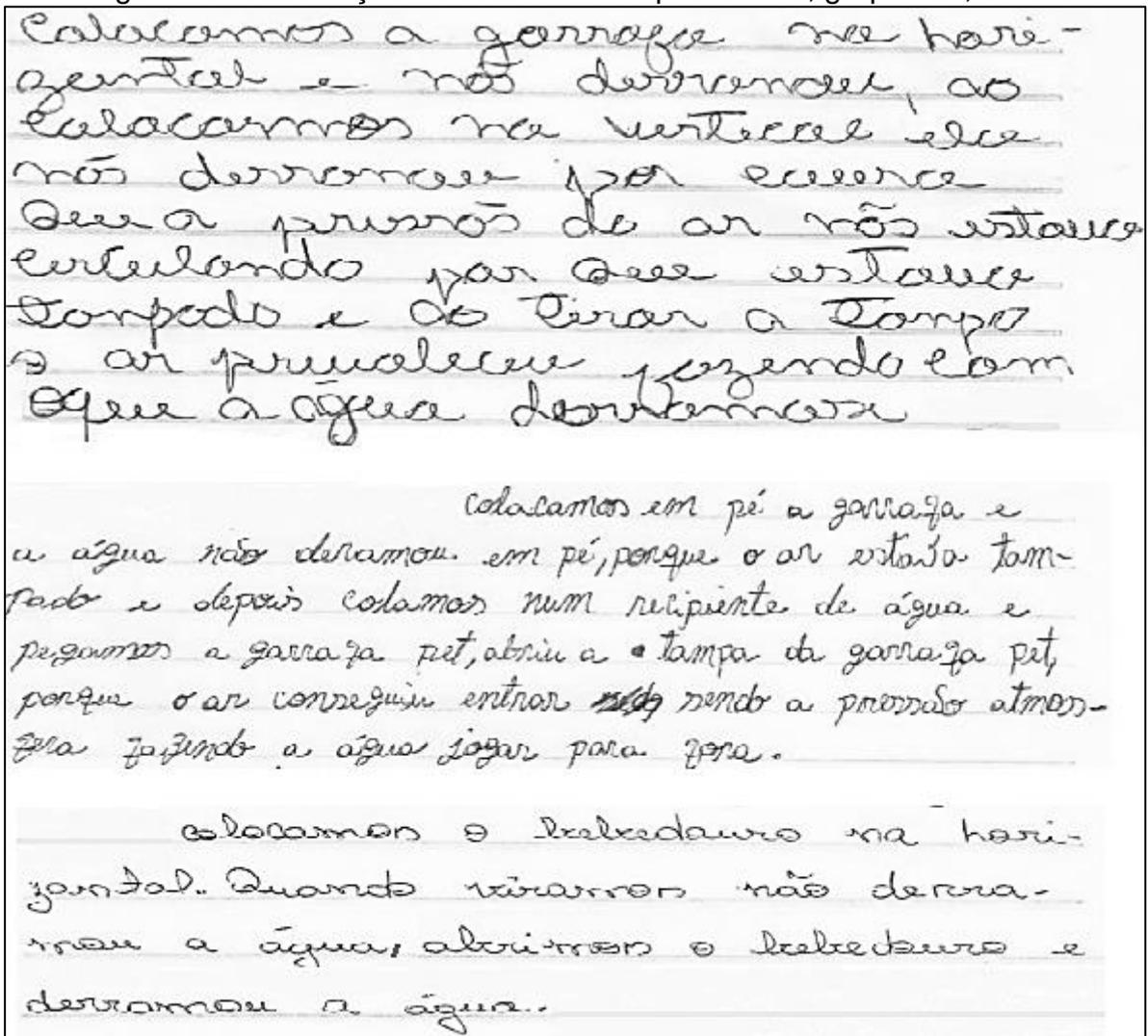
3º Passo - colocamos o bastão por cima da água e não aconteceu nada.

2º Passo - afundamos o bastão na água e deu pressão no manômetro.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Logo após a atividade com o manômetro, iniciou-se as práticas com o dispositivo bebedouro de passarinho. Note-se que os estudantes deram destaques nos momentos em que se coloca o apetrecho bebedouro de passarinho na vertical e a água, que se encontra dentro do mecanismo, não vaza pela abertura que se localiza abaixo do nível da água dentro artefato, derramando somente com a retirada da tampo do apetrecho. A figura seguinte evidencia das análises feitos pelos grupos G¹, G² e G³, respectivamente.

Figura 29: Observação no bebedouro de passarinho, grupos G¹, G² e G³



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A realização da atividade com a ferramenta vasos comunicantes ficou comprometida em virtude da existência de um único exemplar desse dispositivo, evitando que fossem disponibilizados equipamentos para todos os grupos, dificultando, assim, a aprendizagem mais investigativa dos conhecimentos atrelados nesse instrumento experimental. Dessa forma, a prática com o uso do aparato vasos comunicantes limitou-se a uma apresentação demonstrativa dos fenômenos inerentes nesse instrumento juntos a todos os estudantes. Além do mais, esta apresentação ocorreu no final da atividade do Teorema de Stevin, restando pouco tempo para os alunos registrarem suas observações no diário de bordo.

A quarta atividade ocorreu no dia 04 de abril. Nessa aula prática foi trabalhado junto aos grupos de estudantes o instrumento balança para o empuxo, dispositivo que

atrela conhecimentos do Teorema de Arquimedes. A imagem seguinte apresenta os alunos manipulando a balança durante a atividade sobre o Teorema de Arquimedes.

Figura 30: Atividade com a balança para o empuxo



Fonte: autor, 2022

Durante a atividade com a balança, notou-se que os grupos de alunos fizeram suas observações referentes às pesagens das pedras fora e dentro d'água, registrando a diferença da força peso apresentada quando a pedra se encontrava fora e no interior do recipiente com água. A figura seguinte expõe os relatos descritos pelos grupo G^2 e G^3 , respectivamente.

Figura 31: Observação na balança para o empuxo, grupos G² e G³

• - Pegamos a pedra e medimos com dinamômetro e o peso da pedra foi 1,9 N, depois colocamos a pedra dentro da água e o peso da pedra foi 1,2 N.

Peso do Pedra fora da água 2,3. Peso real

Peso da Pedra dentro do água 1,3. Peso aparente

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

De acordo com os registros do grupo G¹, nota-se que, além de observarem o peso da pedra dentro e fora d'água, esse grupo acrescentou o peso da água extravasada quando colocou-se a pedra dentro do recipiente com água. A figura seguinte apresenta essa observação do grupo G¹.

Figura 32: Observação na balança para o empuxo, grupo G¹

O peso da pedra fora água é 1,8 N e dentro da água é 1,0 N. O copo com água pesa 0,8 N depois de ser retirado do recipiente com água pois se colocou a pedra.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

5.3 Análises da atividade avaliativa dos conteúdos

No dia 11 de abril, aplicou-se uma atividade com o objetivo de pesquisar sinais de aprendizagem dos conteúdos hidrostáticos trabalhados nas atividades experimentais. Essa atividade foi elaborada com oito (8) questões, consoante-se de questões abertas, buscando entender os conhecimentos mais amplos e qualitativos dos alunos; questões objetivas, examinando o aprendizado de forma mais

generalizada; e questões que envolvem as relações e as expressões matemáticas, analisando o entendimento das grandezas e dos conceitos associados matematicamente aos conteúdos hidrostáticos.

Na realização dessa atividade, os estudantes foram divididos em quatro (4) grupos, sendo três destes compostos de 4 alunos, e um desses, por 5 estudantes. De forma semelhante à denominação feita aos grupos da análise da atividade experimental, designam-se os grupos da atividade avaliativa por meio da letra G seguida de um numeral, entre 1 e 4 no expoente.

A questão 1 refere-se ao entendimento mais aberto e significativo do conceito de densidade. Esta questão associa-se à atividade com o dispositivo torre de líquidos e objetos. Na análise feita das respostas apresentadas pelos grupos, observou-se que grande parte dos estudantes conseguiram assimilar os conhecimentos de densidade contidos nessa atividade, pois dentre os quatro grupos constituídos na atividade, três deles responderam coerentemente a referida questão. A ainda com relação à questão 1, embora um dos grupos apresente a solução com um texto desconectados entre seus termos, porém nota-se que o grupo relatou algo que se entende que quanto mais profundo for o fluido, maior será sua densidade.

A questão 2 da atividade foi disponibilizada de maneira que sua solução fosse externada de forma objetiva, buscando compreender o entendimento generalizado dos grupos de estudantes com relação ao Teorema de Stevin e suas aplicações no trabalho humano. Observou-se que todos os grupos de estudantes apresentaram a alternativa “A” como solução da questão, compreendendo-se que os alunos conseguiram assimilar o entendimento desenvolvido na atividade manômetro em forma de “U”.

A questão 3 foi elaborada na tentativa de compreender genericamente o entendimento que os grupos de alunos conseguiram adquirir com a atividade experimental usando o artefato balança do empuxo, o qual atrela os conhecimentos do Teorema de Arquimedes. Notou-se que todos os grupos de estudantes conseguiram escolher corretamente essa questão, assinalando a alternativa “B”.

A questão 4 foi desenvolvida com o objetivo de revelar o entendimento matemático que os alunos têm sobre o conceito de densidade e interpretar características das substâncias por meio apurações que envolve a resolução de cálculos relacionados com a densidade das fluidos. Notou-se, porém, que dois somente dois (2) dos quatro (4) grupos conseguiram resolver a questão, evidenciando

que uma parcela considerável de alunos não detêm práticas de resoluções que envolva expressões de cálculos matemáticos.

A questão 5 verifica a compreensão do teorema de Pascal entre os grupos de alunos. Nesta questão, observou-se que a maioria dos grupos, 3, assinalaram a alternativa correta, e somente um dos grupos não assinalou corretamente a opção que relacionava coerentemente o teorema de Pascal.

A questão 6 refere-se ao entendimento também do Teorema de Pascal e suas aplicações. Verificou-se que um três dos grupos escolheu a alternativa correta, porém só dois(2) destes grupos resolveram a resolução do problema matemático da questão, ao contrário, de outro grupo que assinalou equivocadamente a opção, mas resolveu corretamente a expressão matemática.

A questão 7 busca conhecer a compreensão dos grupos de alunos com relação ao conceito de pressão em uma aplicação desse conhecimento. Examinou-se que todos os grupos optaram pela alternativa “B”, correspondendo como a opção correta da questão.

A questão 8 analisa a compreensão que os grupos de estudantes conseguiram desenvolver com o mecanismo experimental bebedouro de passarinho, o qual apresenta as interações existentes entre as pressões atmosférica e hidrostática. Constatou-se que somente um grupos relatou sobre a questão, descrevendo que a inexistência de ar dentro da garrafa colaborava para a ausência de pressão atmosférica no fluido, sem, porém, associar a pressão atmosférica externa ao recipiente um dos fatores que evita o escoamento d'água pela abertura abaixo do nível da água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho pretendeu averiguar o potencial da utilização de experimentos hidrostáticos no processo de ensino-aprendizagem de física. Para tal, investigamos a aprendizagem dos conceitos do tema hidrostática através da utilização de experimentos de baixo custo – construídos e aplicados no decorrer dessa pesquisa – no desenvolvimento de atividades experimentais investigativas.

Para conhecer as implicações do uso de atividades experimentais na aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos abordados na hidrostática, definiu-se quatro objetivos específicos. O primeiro, construir experimentos de baixo custo que pudessem ser utilizados em atividades experimentais na sala de aula regular no processo de ensino-aprendizagem do tópico hidrostática. A aplicação dos experimentos construídos com materiais baratos e/ou recicláveis se mostraram adequados para utilização em sala de aula regular, uma vez que sua utilização proporcionam a observação de fenômenos hidrostáticos. O segundo, verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados aos fenômenos hidrostáticos, foi alcançado pela aplicação de um questionário semiestruturado. O terceiro, desenvolver os conceitos da hidrostática por meio de atividades experimentais investigativas. A experiência vivenciada revelou que tais experimentos combinados com procedimentos instrucionais proporcionam situações em que os aprendizes se deparam com fenômenos hidrostáticos que promovem a formalização dos conceitos hidrostáticos. Por último, investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos fundamentais da hidrostática. A análise dos diários de bordo permitiu concluir que houve aprendizagem conceitual de tais fenômenos.

Em vista disso, a hipótese de que os experimentos de baixo custo podem contribuir com o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos físicos se confirmou, uma vez que os resultados obtidos com a aplicação dos experimentos propostos indicam que vários alunos conseguiram compreender conceitualmente os fenômenos hidrostáticos diante de atividades investigativas.

Sendo assim, consideramos que os experimentos hidrostáticos de baixo custo são uma alternativa viável para o ensino de física. Além do atrativo em termos orçamentários, esses aparatos são eficientes quanto aos aspectos fenomenológicos.

REFERÊNCIAS

MORO, Fernanda Teresa. **Atividades experimentais e simulações computacionais**: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. Universidade do Vale do Taquari (Univates), Lajeado, dezembro de 2015.

A PRESSÃO nos líquidos. Disponível em: <https://planetabiologia.com/pressao-da-agua/>. Acesso em: 01/10/2021.

CALDAS, Allan Giuseppe de Araújo. **Módulo didático que utiliza o kit de um elevador hidráulico como ferramenta de ensino do Princípio de Pascal**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Setembro de 2015.

CID, A, S; PIZZI, M; LACERDA, T, C; OLIVEIRA, E, T. **Proposta de sequência didática para hidrostática**: aprendizagem ativa em destaque no ensino de física, caderno brasileiro de ensino de física, v. 38, n. 1, p. 422-445, abr. 2021.

CREVELARO, Helena. **Uma proposta experimental para o estudo da hidrostática no ensino médio**: os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, Cadernos PDE, Volume I, Universidade Estadual de Maringá-PR, 2016.

DADOS DO CENSO ESCOLAR. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)** Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-censo-escolar-noventa-e-cinco-por-cento-das-escolas-de-ensino-medio-tem-acesso-a-internet-mas-apenas-44-tem-laboratorio-de-ciencias/21206. Acesso em: 17/08/2021.

ELEVADOR hidráulico aparelho didático- princípio de pascal. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p1MylS7yql8>. Acesso: 01/10/2021.

Experimento de Densidade: torre de líquidos e objetos. O que flutua e o que afunda em cada líquido? Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XOWeMwhVWFI>. Acesso em: 30/09/2021.

Manômetro em formato "U" (Lei de Stevin): experimento de Mecânica dos Fluidos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-FCip93MdJw>. Acesso em: 01/10/2021.

PCN+ de Física, **Parte III, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias Conhecimentos de Física**, p. 22. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 20/09/2021.

RAMALHO JUNIOR, F. ; FERRARO, N. G; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos da física**. 10. ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna 2009.

SILVA, Denivan Ramos. **Uma proposta para demonstrações experimentais no ensino de Física:** roteiro de experimentos de baixo custo, UFU - Universidade Federal de Uberlândia Física Licenciatura – INFIS, UBERLÂNDIA-MG, 2018.

VÍDEOS de Física: relação pressão e área de contato. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KV3mURol3o>. Acesso em: 28/09/2021.

APÊNDICES

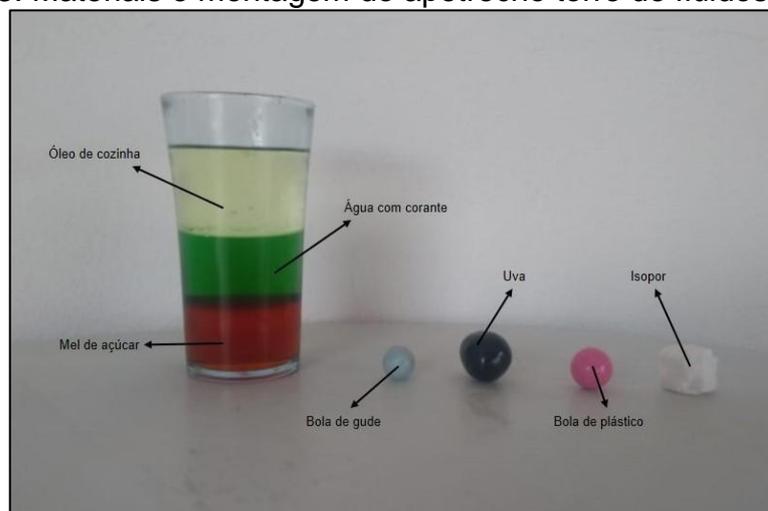
APÊNDICE A: Materiais e montagem do kit experimental

Materiais e montagem do apetrecho Torre de Fluidos e Objetos

- Um recipiente transparente, entre 15 e 20 cm de altura;
- Uma porção de mel de 60 ml;
- Uma porção de água com corante de 60 ml
- Uma porção de óleo de cozinha de 60 ml
- Uma bola de gude;
- Uma uva;
- Uma bola de plástico, aproximadamente do tamanho de uma bola de gude;
- Um uma bola isopor, com dimensões aproximadas de uma uva.

A produção do apetrecho torre fluidos e objetos baseia-se em adicionar substâncias de densidades distinta como mel, óleo de cozinha e água com corante em um copo de vidro transparente, seguidos de objetos também de densidades diferentes tais como uva, bola de plástico, bola de gude e isopor, no interior dos fluidos que se encontram no interior do copo. A segui, apresentam-se os materiais o apetrecho torre de fluidos e objetos. .

Figura 33: Materiais e montagem do apetrecho torre de fluidos e objetos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Materiais e montagem do dispositivo cama de palitos

- Quatro (4) blocos de MDF (B_1 , B_2 , B_3 e B_4), com B_1 e B_2 medindo 38,30 cm de comprimento por x 4,0 cm de largura, e B_3 e B_4 , 25,20 cm de comprimento por 4,0 cm de largura;
- Duas (2) placa de MDF (P_M e P_P), medindo 33,20 cm x 38,30 cm, P_M (placa da moldura) e P_P (placa do peso)
- Três(3) placas de isopor (P_1 , P_2 e P_3), medindo 29,5 cm x 24,5 cm;
- Cento e quarenta (140) palitos de dente;
- Cola de madeira;
- Um (1) suporte de madeira para a placa do peso, medindo 2,20 cm de diâmetro por 7,00 cm de comprimento.

Na construção da moldura, usa-se cola de madeira para unir os blocos B_1 , B_2 , B_3 e B_4 à placa da moldura (P_M). Além da moldura, confecciona-se a placa de peso (P_P), aparafusando-se um suporte de madeira no centro da placa P_P . A seguir, apresenta-se a figura da moldura e da placa do peso.

Figura 34: Moldura e placa de peso

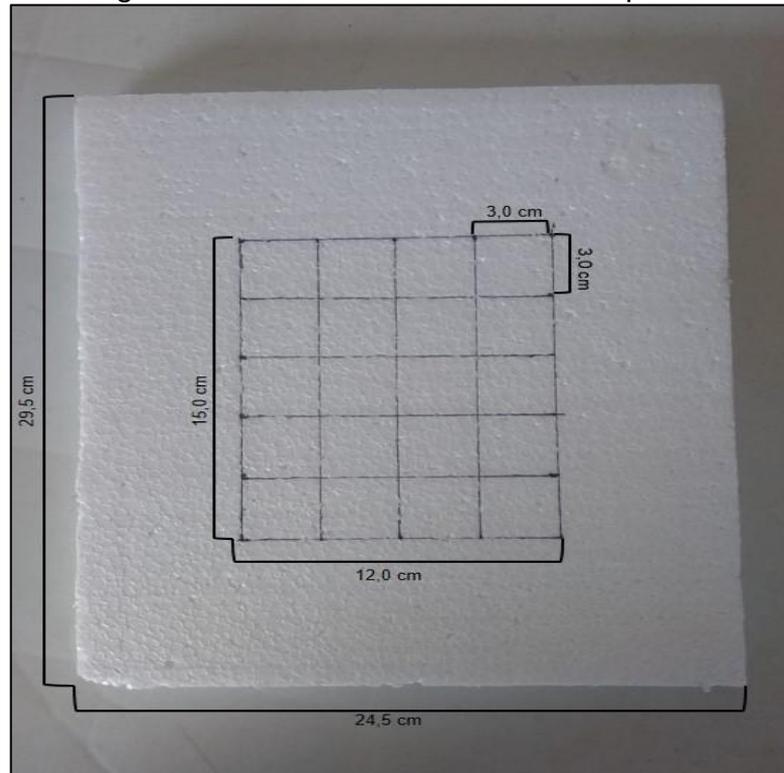


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para a confecção das placas de palitos, desenharam-se retângulos medindo 15 x 12 cm de área, em seguida, dentro da área do retângulo demarcado, traçam-se linhas obedecendo as seguintes etapas: na placa P_1 , projetam-se linhas de 3,00 em 3,00 cm na vertical e na horizontal; nas placas P_2 e P_3 repete-se o mesmo processo, mas mantendo-se um distanciamento entre as linhas horizontais e verticais de 1,50 cm para a placa P_2 , e de 1,00 cm para a placa P_3 . De forma manual, utiliza-se o ponto de

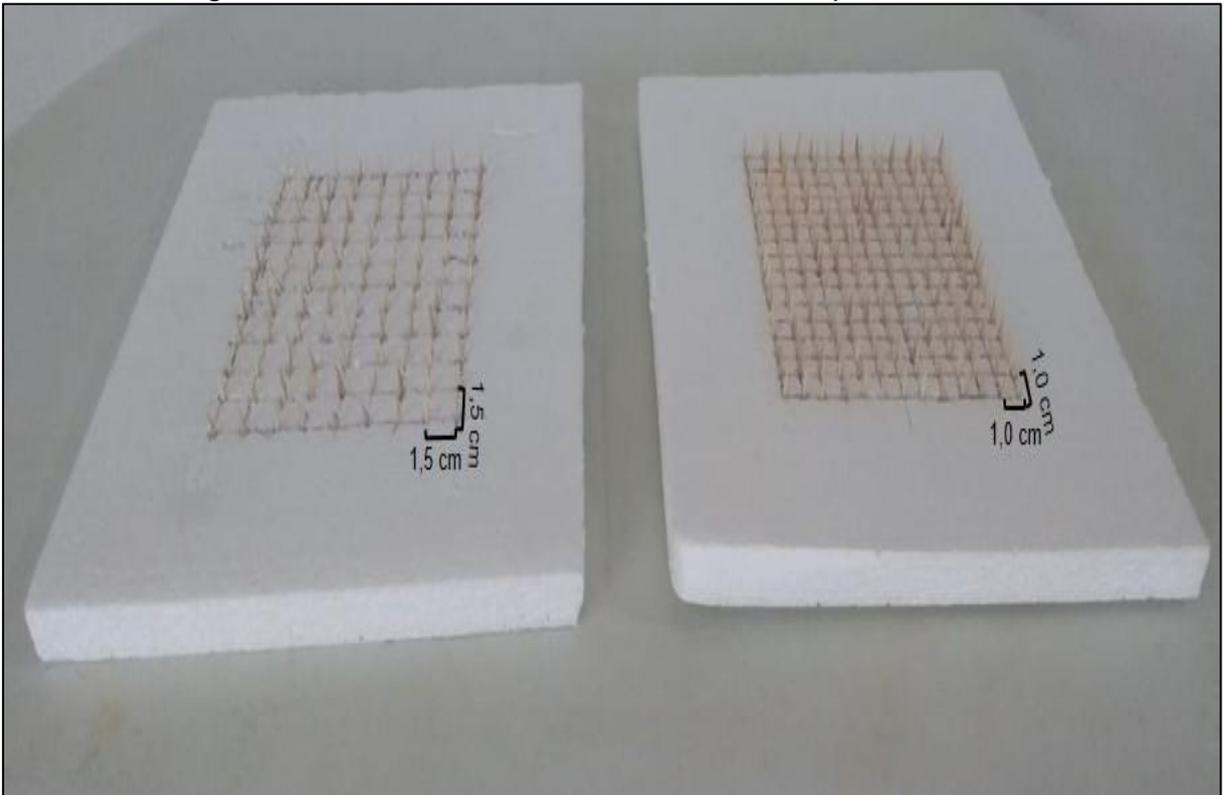
cruzamento entre uma linha vertical e horizontal para fixar os palitos. A seguir apresenta-se a placa P₁ com suas dimensões e demarcações, sem palitos fixados. Em seguida, sucedem-se as placas P₂ e P₃ com seus palitos fixados e o distanciamento entre eles demarcados.

Figura 35: Placa 1 demarcada e sem palitos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 36: Placas P₂ e P₃ demarcadas e com palitos fixados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Materiais e montagem da ferramenta manômetro em forma de “U”

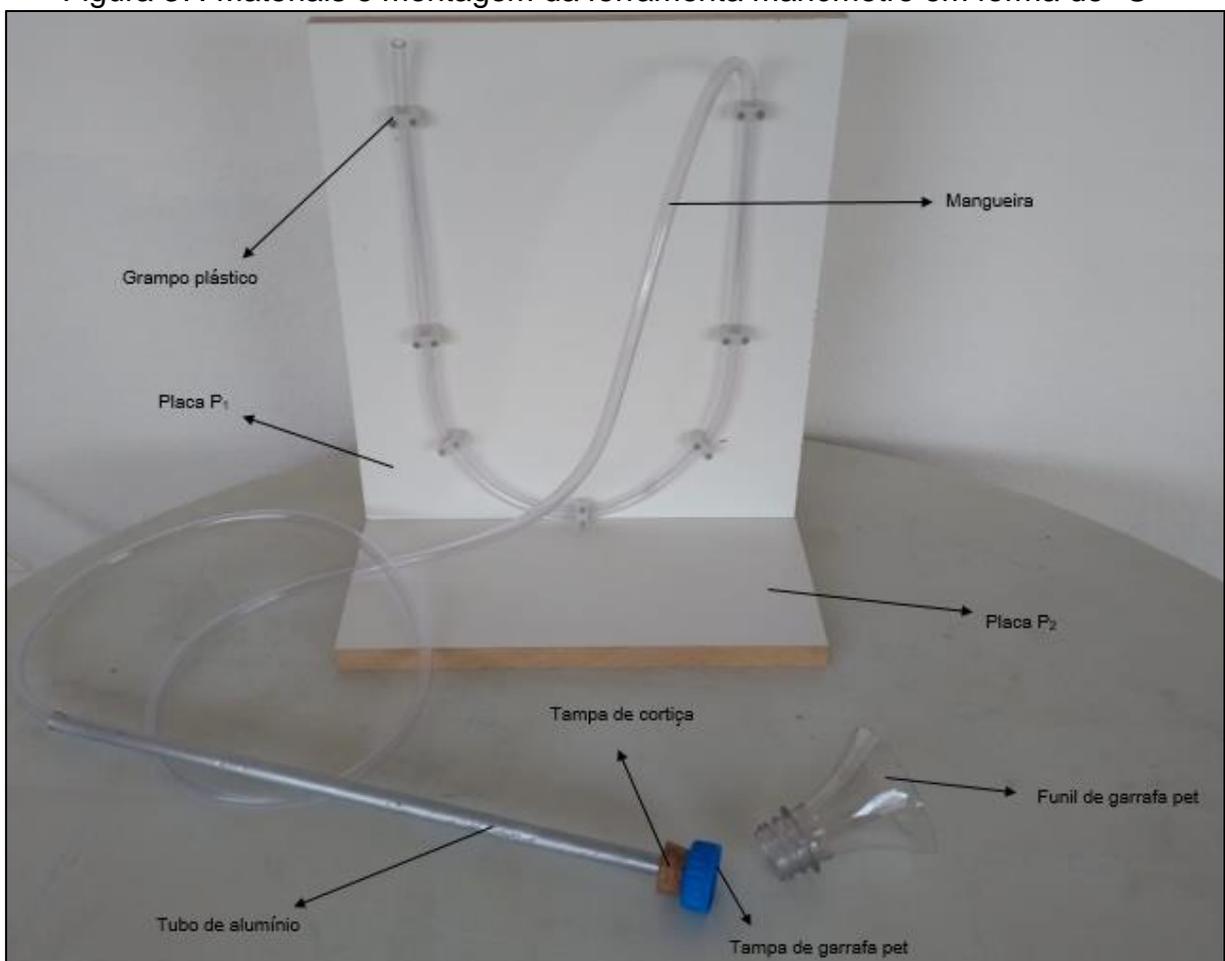
- Quatorze (14) grampos plásticos;
- Duas (2) placas de MDF (P₁ e P₂), sendo P₁ com dimensões 27,0 por 27,0 cm, e P₂, 27,0 por 30,0 cm;
- Quatorze (14) pregos de 2,0 cm de comprimento;
- Mangueira plástica de 1,80 m de comprimento por 6,00 mm de diâmetro;
- Uma (1) Tampa de garrafa pet;
- Um (1) funil feito de garrafa pet;
- Um (1) tubo de alumínio de 40,00 cm de comprimento por 6,50 mm de diâmetro;
- Uma (1) fita métrica adesiva com 30 cm de comprimento;
- Um (1) balão de festa;
- Uma (1) tampa de cortiça.

A montagem da base do manômetro em forma “U” procede-se da seguinte forma: conectam-se as duas placas, P₁ e P₂, por meio de parafusos colocados perfurando-se a placa P₁ até alcançar a lateral da placa P₂. Em seguida, com uso de pregos,

agrupam-se os grampos plásticos, dois a dois, de maneira que suas faces fiquem voltadas entre si, ocasionando uma abertura entre os grampos, de forma que a mangueira plástica passe por esse espaço. Depois, por meio dos pregos, conectam-se os grampos à placa P₂. Posteriormente, com os grampos fixados na placa P₂, introduz-se a mangueira nos espaços ocasionados com a junção dos grampos. Em seguida, conecta-se à fita métrica graduada na placa P₂.

A montagem do sensor de pressão segue as seguintes etapas de produção: inicialmente, furam-se as tampas de cortiça e de garrafa pet com diâmetros referentes ao da mangueira. Em seguida, com cola adesiva, unem-se a tampa de cortiça à tampa de garrafa pet, conectando este conjunto ao tubo de alumínio. Depois, põe-se o balão de festa na abertura do funil de garrafa pet e rosqueia-se este funil na tampa da garrafa pet. Por fim, introduz-se mangueira pelo tubo de alumínio até ultrapassar a tampa de cortiça, alcançando o interior do funil. A seguir, tem-se a figura em fase de produção do artefato do manômetro em forma de "U".

Figura 37: Materiais e montagem da ferramenta manômetro em forma de "U"



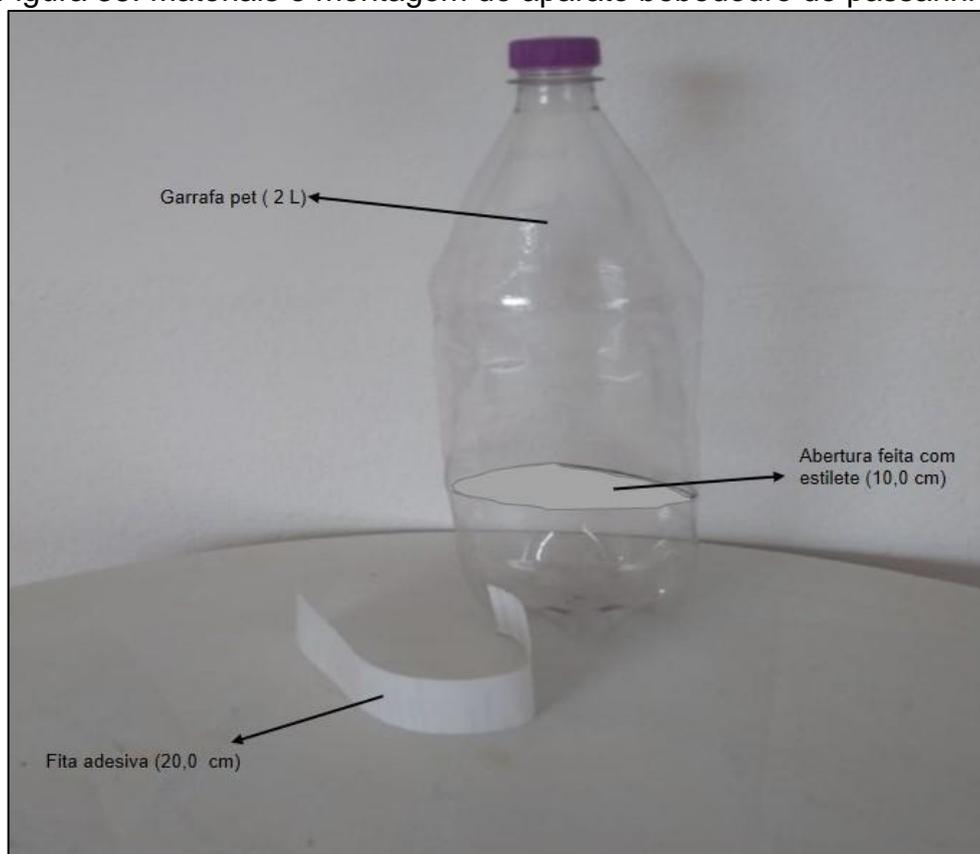
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Materiais e montagem do aparato bebedouro de passarinho

- Uma (1) garrafa pet;
- 20 cm de fita adesiva;
- Água com corante;
- Estilete;
- Água com corante.

A confecção do apetrecho bebedouro de passarinho segue os seguintes passos: primeiramente, faz-se um corte na garrafa pet, 10 cm acima da base. Em seguida, pressiona-se a parte posterior da fenda, de forma que se obtenha uma abertura considerável na fissura. Depois, põe-se a fita adesiva no local da abertura, de maneira que a fita contorne todo o corte, de jeito que o nível superior da fita fique um pouco acima do nível inferior do corte. A seguir, apresenta-se a imagem do mecanismo bebedouro de passarinho em fase produção em fase produção.

Figura 38: Materiais e montagem do aparato bebedouro de passarinho



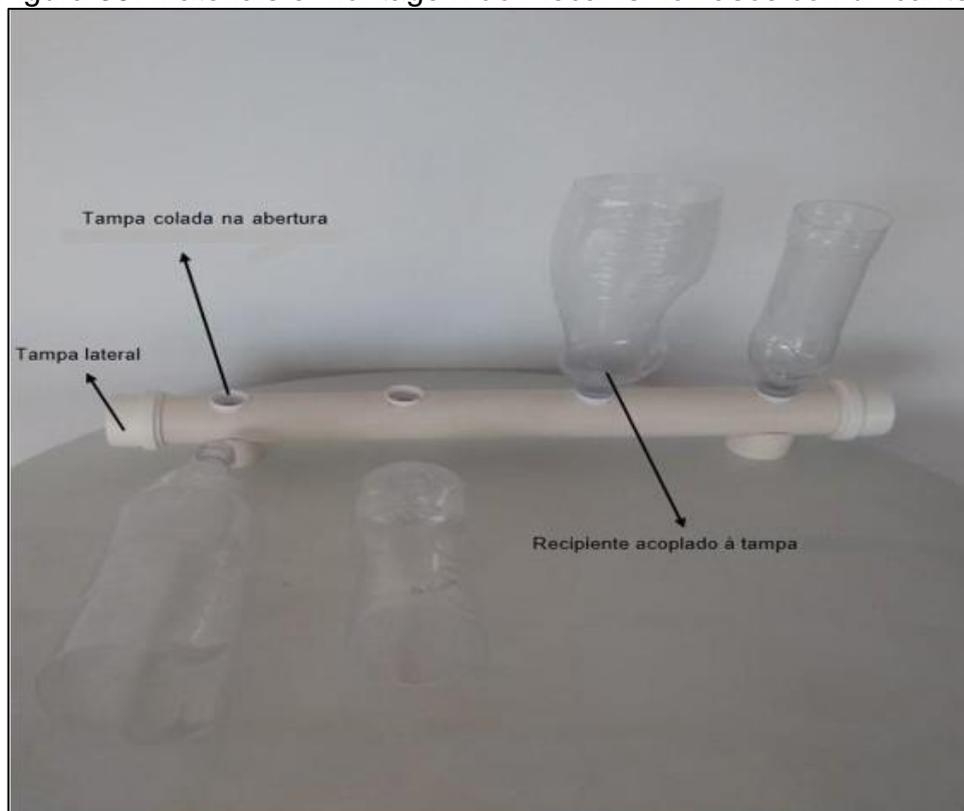
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Materiais e montagem do mecanismo vasos comunicantes

- 50 cm de tubo plástico de 50 mm de diâmetro;
- Duas tampas de 50 mm de diâmetro para as extremidades do tubo;
- Quatro recipientes plásticos transparentes de formas e tamanhos variados com suas respectivas tampas;
- Cola adesiva.

A produção da ferramenta vasos comunicantes segue-se as seguintes etapas de montagem: inicialmente, cortam-se os recipientes transparentes próximos à base. Em seguida, realizam-se quatro aberturas circulares alinhadas ao longo do comprimento do tubo plástico, de maneira que seus diâmetros sejam coerentes com o diâmetro das tampas; em seguida, cola-se as tampas nas aberturas feitas ao longo do tubo, rosqueando-se os reservatórios nas suas respectivas tampas. Por último, fecham-se as extremidades laterais do tubo com suas tampas. A seguir, apresenta-se artefato vasos comunicantes em fase de produção.

Figura 39: Materiais e montagem do mecanismo vasos comunicantes



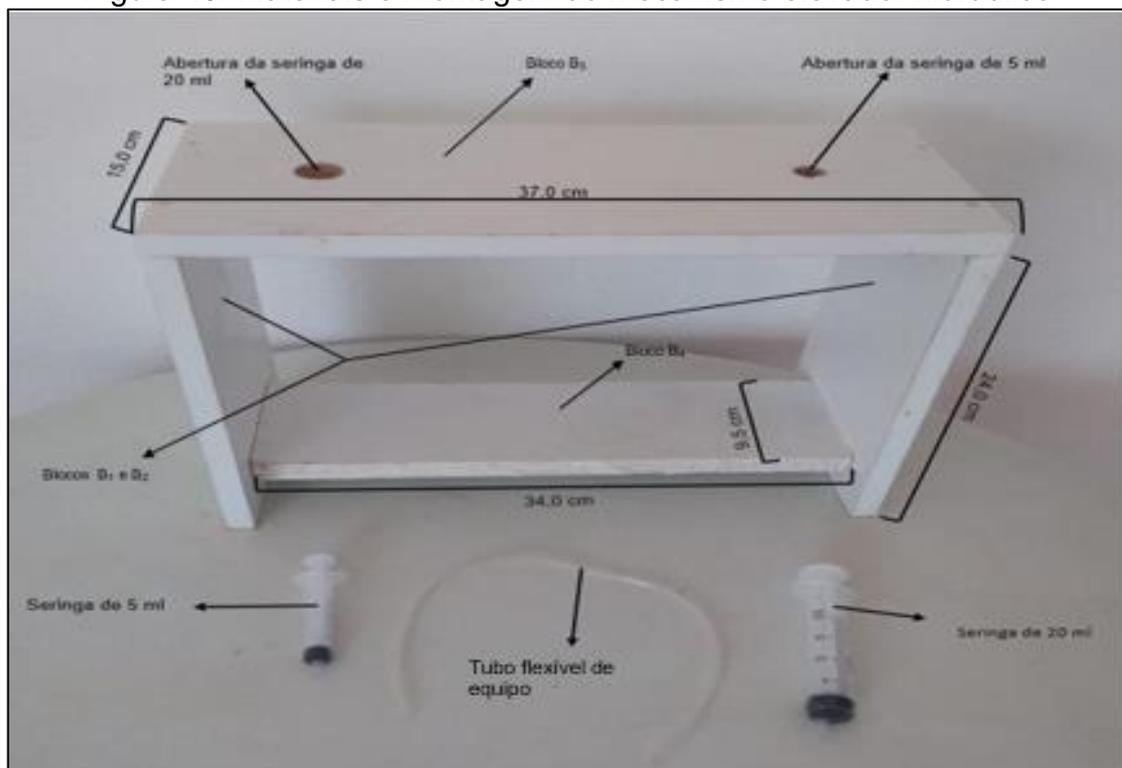
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Materiais e montagem do artefato elevador hidráulico

- Quatro (4) blocos de MDF (B₁, B₂, B₃ e B₄), sendo B₁ e B₂ com medidas de 24 cm x 15 cm; e os outros dois blocos (B₃ e B₄) medindo 37 cm x 15 cm e 34 cm x 9,5 cm, respectivamente;
- Duas seringas, uma de 5 ml e outra de 20 ml;
- Tubo flexível de equipo com 30 cm comprimento.

A montagem do artefato elevador hidráulico consiste em interligar os blocos de MDF por meio de parafusos e acoplagem de seringas. Assim, com o bloco B₃ na horizontal, conectam dois (2) parafusos verticalmente em cada extremo do bloco B₃, de maneira que os parafusos alcancem às extremidades dos blocos B₁ e B₂, posicionados verticalmente. Em seguida, junta-se o bloco B₄ aos blocos B₁ e B₂, com parafusos localizados nas laterais dos blocos B₁ e B₂, com 5 cm de distância acima da base destes blocos. Por fim, acoplam-se as seringas nas suas respectivas aberturas, conectando-se o tubo flexível entre elas. A seguir, apresenta-se a imagem do mecanismo fase de produção com as dimensões citadas anteriormente.

Figura 40: Materiais e montagem do mecanismo elevador hidráulico



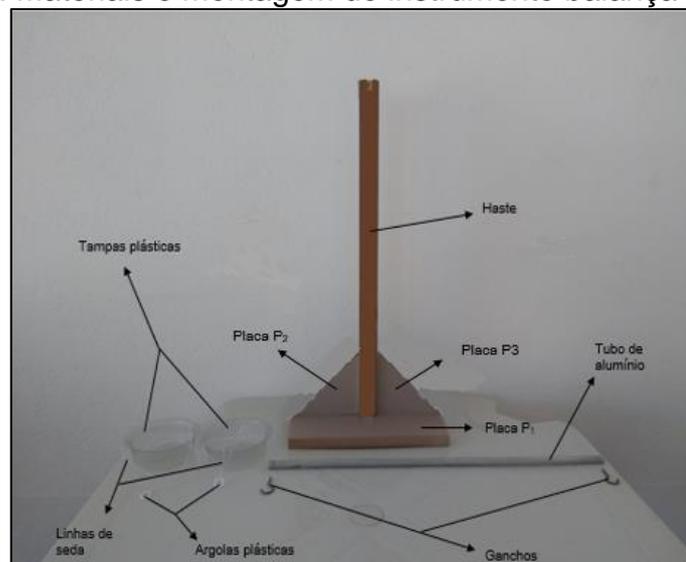
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Materiais e montagem do instrumento balança para o Empuxo

- Três placas de MDF (P_1 , P_2 e P_3), sendo P_1 no formato retangular, medindo 24,0 cm por 16,0 cm; P_2 e P_3 de forma triangular, medindo 10 na base, 9,0 cm, na altura e 13,45 cm, na última face;
- Uma haste de madeira de 50,0 m x 3,5 cm x 1,5 cm;
- Um tubo de alumínio de 40,0 cm;
- Duas tampas plásticas de 10,0 cm de diâmetro;
- Duas argolas plásticas de 1,0 cm de diâmetro;
- Linha de nylon em 6 partes de 30,0 cm de comprimento;
- Dois ganchos.

A produção do dispositivo balança para o empuxo é desenvolvida da seguinte forma: Primeiro, unem-se as placas P_2 e P_3 à haste por meio de cola de madeira. Em seguida, conecta-se o conjunto (P_2 , P_3 e haste) à placa P_1 , com uso de parafusos, de forma que estes sejam conectados à placa P_1 até alcançar as placas P_2 e P_3 . Depois, junta-se o tubo de alumínio à haste por meio de parafuso, acoplando-se os ganchos nas extremidades do tubo de alumínio. Por fim, colocam-se as tampas plásticas nos ganchos. A seguir apresenta-se a imagem da fase produção do dispositivo balança para o empuxo.

Figura 41: Materiais e montagem do instrumento balança do Empuxo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

APÊNDICE B: Planejamento das atividades experimentais

Aula	Atividades	Objetivos	Objetivos de aprendizagem
Aula 1	Aplicação do questionário semiestruturado	Objetivo geral: Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos fundamentais da hidrostática através de um questionário semiestruturado.	
Aula 2	Atividade experimental sobre densidade (torre de líquidos e objetos).	Reconhecer características das substâncias pela relação massa /volume.	<ul style="list-style-type: none"> -Listar e descrever os conceitos de densidade e massa específica; -Interpretar e explicar o experimento denominado “torre de líquidos”; -Interpretar e explicar a flutuação dos corpos em termos da densidade; -Prever o comportamento de flutuação ou não de corpos, quando se conhece a relação de densidade.
Aula 3	Atividade experimental sobre pressão e Teorema de Pascal (cama de palitos e elevador hidráulico)	Reconhecer o conceito de pressão como a razão força /área, identificando o Teorema de Pascal como um multiplicador de forças.	<ul style="list-style-type: none"> -Interpretar e explicar situações em que balões não estouram mesmo quando pressionado contra uma cama de palitos; -Entender o princípio de pascal; -Explorar experimentalmente, através do mecanismo elevador hidráulico, as relações entre força por unidade de área.
Aula 4	Atividade experimental sobre o Teorema de Stevin (Manômetro em U, bebedouro de	Entender a variação de pressão nos fluidos como	-Interpretar a relação entre a pressão hidrostática e a profundidade num fluido;

	passarinho e vasos comunicantes)	consequência na mudança de altura.	-Analisar o comportamento dos líquidos colocados em vasos comunicantes; -Explicar a variação na altura da coluna de líquido no experimento “Manômetro em U”.
Aula 5	Atividade experimental sobre o teorema de Arquimedes (balança do empuxo)	Compreender o Empuxo como conhecimento ligado aos conceitos de força peso e densidades dos fluidos.	-Descrever o conceito de empuxo; -Interpretar o volume do fluido extravasado no experimento “balança para o empuxo” como sendo o volume do fluido deslocado pelo corpo imerso; -Avaliar que o equilíbrio estabelecido no experimento “balança para o empuxo” em termos do conceito de empuxo; -Explicar o peso aparente dos corpos através do conceito de empuxo.
Aula 6	Aplicação de atividade avaliativas dos conteúdos.	Analisar o entendimento e a compreensão do conceitos e teorias hidrostáticas concebidos por meio do kit de dispositivos experimentais.	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.