

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 58

WELLINGTON PEDRO DA SILVA JUNIOR

PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM KIT DE HIDROSTÁTICA
PARA O ENSINO FUNDAMENTAL II

WELLINGTON PEDRO DA SILVA JUNIOR

**PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM KIT DE HIDROSTÁTICA
PARA O ENSINO FUNDAMENTAL II**

Dissertação apresentada ao Polo 58 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório

Recife
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecária Suely Manzi – CRB/4 - 809

S586p Silva Junior, Wellington Pedro da
Proposta de ensino por investigação com kit de hidrostática para o
ensino fundamental II. / Wellington Pedro da Silva Junior. – 2025.
108 f.: il.

Orientador: Alexandro Cardoso Tenório.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação Nacional Profissional em
Ensino de Física, Recife, BR-PE, 2025.
Inclui bibliografia e apêndice(s).

1. Física – Estudo e ensino 2. Hidrostática – Estudo e ensino
3. Ensino fundamental 4. Massa dos fluidos I. Tenório, Alexandro
Cardoso, orient. II. Título

CDD 530

WELLINGTON PEDRO DA SILVA JUNIOR

PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM KIT DE HIDROSTÁTICA PARA
O ENSINO FUNDAMENTAL II

Dissertação apresentada ao Polo 58 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 23 de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório – Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Diana Patrícia Gomes de Almeida – Examinadora Externa
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Enery Gislayne de Sousa Melo – Examinadora Interna
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico esta dissertação ao meu pai, Wellington Pedro da Silva (*in memoriam*), que foi um grande exemplo de ser humano, marido, pai e filho. E com ele eu pude aprender que:
“O essencial é invisível aos olhos”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente não poderia deixar de agradecer a Deus pela apresentação deste trabalho aqui desenvolvido. Ele é bom o tempo todo, e a tudo deve ser dado graças.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Alexandro Cardoso Tenório, por sua paciência infinita com esse estudante. Por compreender que a vida de sala de aula e a rotina exaustiva, muitas vezes rouba nossas forças e tira nosso ânimo e nos atrapalha na produção acadêmica. Lhe agradeço muito professor, por sua paciência e compaixão, por não desistir de mim e por sempre me empolgar e incentivar nas nossas conversas.

Agradeço de coração à minha esposa, Maysa, a minha maior fonte de inspiração, que jamais me deixa cair, que sempre acredita em mim e que sempre caminha ao meu lado me fazendo acreditar que tudo é possível.

Agradeço à minha irmã, Wellma, por ser uma fonte inesgotável de exemplo de perseverança, força e dedicação. Por me mostrar a cada dia que nada pode parar uma pessoa que não desiste. À minha mãe, M^a Rosalina, por ser uma fonte de amor, tolerância e compreensão, mas sempre ser firme e convicta do que deve ser feito.

Agradeço também a todos os meus amigos(as), pela paciência e compreensão das minhas ausências.

Por fim, agradeço o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001 e a toda coordenação do MNPEF UFRPE – POLO 58, que nunca negaram esforços para que este trabalho fosse possível.

RESUMO

O trabalho que sucede apresenta uma possibilidade de metodologia voltada para o Ensino de Física que pode ser aplicado com alunos desde o Ensino Fundamental Anos Finais (EFAF) até o Ensino Médio (EM) no contexto de sala de aula com o objetivo de solidificar as bases dos conhecimentos fundamentais acerca da hidrostática. Para a construção de uma Aprendizagem Significativa, o uso de metodologias ativas é aplicado no desenvolvimento deste trabalho, mais especificamente a Sequência de Ensino por Investigação (SEI). Essa abordagem investigativa colocou os estudantes como agentes ativos, incentivando-os a propor e testar hipóteses, verificar seus resultados e compará-los com os de seus pares, forçando-os a questionar e discutir suas observações antes da formalização teórica dos conceitos. O estudo foi realizado com turmas do 8º e 9º anos do Ensino Fundamental em diferentes instituições de ensino, ambas da rede particular, no estado de Pernambuco. O processo de aplicação do produto educacional se deu em quatro etapas onde na primeira delas se apresentou o kit experimental e se possibilitou que os estudantes realizassem observações e medições. Em seguida, na segunda etapa houve um momento de troca de informação entre os estudantes acerca de suas observações e conhecimentos prévios. Na terceira etapa, houve a formalização dos conceitos de densidade e massa específica. Por fim a última de caráter avaliativo. É importante salientar que em cada etapa os estudantes responderam a um respectivo questionário. O kit experimental utilizado nos procedimentos é composto por 6 cubos de PLA (ácido polilático, um termoplástico biodegradável utilizado na impressão 3D, material do qual os cubos são feitos), régua de 30cm, béquer graduado e balança de precisão. Todo o kit tem um baixo custo e pode ser aplicado a grupos de 4 a 10 estudantes. Os estudantes participantes da atividade não possuíam contato prévio com os conceitos abordados no presente trabalho, e após a realização das aplicações dos sucessivos questionários, pode-se observar uma crescente convergência para a compreensão do tema por parte significativa dos participantes, principalmente se utilizado de forma contínua e com o tempo adequado para cada grupo. Após a realização das aplicações dos sucessivos questionários, os resultados indicam uma construção de conhecimento relevante. Na avaliação final, a turma do 8º ano apresentou um índice de 80% de respostas esperadas, enquanto na turma do 9º ano mais de 60% dos alunos demonstraram assimilar o principal conceito avaliado. Uma observação relevante foi que, mesmo entre os estudantes que cometeram erros de cálculo, muitos demonstraram ter compreendido o conceito físico em suas justificativas, evidenciando a eficácia da abordagem investigativa para a construção do raciocínio científico. A análise também sugere que a aplicação da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) obteve maior

potencial em grupos menores, que permitem maior autonomia e exploração por parte dos alunos.

Palavras-chave: Ensino de hidrostática; Densidade; Massa específica; Sequencia de ensino de física por investigação.

ABSTRACT

The work that follows presents a possibility for a methodology aimed at Physics Teaching that can be applied to students from Elementary School Final Years (EFAF) to High School (EM) in the classroom context with the aim of solidifying the foundations of fundamental knowledge about hydrostatics. To build Meaningful Learning, the use of active methodologies is applied in the development of this work, more specifically the Research-based Teaching Sequence (SEI). This investigative approach placed students as active agents, encouraging them to propose and test hypotheses, verify their results and compare them with those of their peers, forcing them to question and discuss their observations before the theoretical formalization of concepts. The study was carried out with classes from the 8th and 9th years of Elementary School in different educational institutions, both private, in the state of Pernambuco. The process of applying the educational product took place in four stages, in the first of which the experimental kit was presented and students were allowed to carry out observations and measurements. Then, in the second stage, there was a moment of exchanging information between the students about their observations and previous knowledge. In the third stage, the concepts of density and specific mass were formalized. Finally, the last one is of an evaluative nature. It is important to highlight that at each stage the students responded to a respective questionnaire. The experimental kit used in the procedures consists of 6 cubes of PLA (polylactic acid, a biodegradable thermoplastic used in 3D printing, the material from which the cubes are made), a 30cm ruler, a graduated beaker and a precision scale. The entire kit is low cost and can be applied to groups of 4 to 10 students. The students participating in the activity had no prior contact with the concepts covered in this work, and after carrying out the successive questionnaires, a growing convergence towards the understanding of the topic by a significant part of the participants could be observed, especially if used continuously and with adequate time for each group. After carrying out successive questionnaires, the results indicate the construction of relevant knowledge. In the final assessment, the 8th year class presented a rate of 80% of expected responses, while in the 9th year class, more than 60% of students demonstrated assimilation of the main concept assessed. A relevant observation was that, even among the students who made calculation errors, many demonstrated that they understood the physical concept in their justifications, demonstrating the effectiveness of the investigative approach to the construction of scientific reasoning. The analysis also suggests that the application of the Inquiry Teaching Sequence (SEI) had greater potential in smaller groups, which allow greater autonomy and exploration on the part of students.

Keywords: Teaching hydrostatics; Density; Specific mass; Physical investigation sequence for investigation.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes pontos de vista	20
Figura 2 - Referência a hierarquia autoritária.....	22
Figura 3 - Características das metodologias ativas.....	23
Figura 4 - Alguns tipos de metodologias ativas	24
Figura 5 - Conceitos chave para as SEI.....	25
Figura 6- Blocos que compõem o kit experimental.....	32
Figura 7 - Régua de 30cm fornecida para os estudantes.	33
Figura 8 - Balança de precisão digital fornecida aos estudantes.	33
Figura 9 - Béquér plástico de 600ml fornecido aos estudantes.	33
Figura 10 -Estudantes realizando medições	35
Figura 11 - Estudantes respondendo ao questionário	35
Figura 12 - Proveta graduada indicando volume de 100mL e massa de 100g.....	36
Figura 13 - Estudante respondendo ao Questionário 4.....	37
Figura 14 - Estudantes se organizando em grupos	39
Figura 15 - Estudante colocando os blocos no béquer	39
Figura 16- Grupo de estudantes realizando as medições.....	40
Figura 17- Quadro contendo conteúdos apresentados aos estudantes	40
Figura 18- Medições referentes ao bloco de tamanho menor.....	41
Figura 19- Medições referentes ao bloco de tamanho médio.....	42
Figura 20- Medições referentes ao bloco de tamanho maior.....	42
Figura 21- Preenchimento da tabela 1 do Questionário 1	44
Figura 22- Preenchimento da tabela 1 do Questionário 1	44
Figura 23- Resposta de um estudante a pergunta 1 do Questionário 1	45
Figura 24- Resposta de um estudante a pergunta 2 do Questionário 1	45
Figura 25- Resposta de um estudante a pergunta 2 do Questionário 1	46
Figura 26- Resposta de um estudante das perguntas 1 e 2 do Questionário 2.....	48
Figura 27- Resposta de um estudante da pergunta 3 do Questionário 2	49
Figura 28 - Resposta de um estudante da pergunta 4 do Questionário 2.....	50
Figura 29- Resposta de um estudante da pergunta 4 do Questionário 2	50
Figura 30 - Resposta de um estudante da pergunta 4 do Questionário 2.....	50
Figura 31- Resposta de um estudante da tabela 2 do Questionário 3	51
Figura 32- Resposta de um estudante das perguntas 1 e 2 do Questionário 3.....	52
Figura 33- Observação registrada por um estudante no Questionário 3.....	52
Figura 34- Resposta de um estudante da pergunta 1 do Questionário 4	53
Figura 35- Resposta de um mesmo estudante da pergunta 4 do Questionário 2 e da pergunta 2 do Questionário 4	54
Figura 36- Preenchimento da Tabela 1 feito por alguns alunos com maior precisão.....	56
Figura 37- Preenchimento da Tabela 1 feito pela grande maioria dos estudantes	56
Figura 38- Aluno respondendo à pergunta 1 do Questionário 1 dentro do esperado	57
Figura 39- Estudante respondendo a pergunta 1 do questionário 1, confundindo os conceitos de peso e densidade.	57
Figura 40- Resposta de um dos alunos da pergunta 1 do Questionário 1.....	58
Figura 41- resposta correta indicada por um estudante a pergunta 2 do Questionário 1.....	58
Figura 42- Resposta do estudante da pergunta 2 do Questionário 1, levando em consideração apenas a flutuabilidade	59
Figura 43- Estudante respondendo a pergunta 2 do Questionário 1, citando apenas a diferença no nível da água.....	59

Figura 44- Estudante respondendo a pergunta 2 do Questionário 1, não observando a diferença entre os cubos	59
Figura 45- Estudante respondendo as perguntas 1 e 2 do Questionário 2	61
Figura 46- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2	61
Figura 47- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2	62
Figura 48- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2	62
Figura 49- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2	62
Figura 50- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2	63
Figura 51- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2	64
Figura 52- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2	64
Figura 53- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2	64
Figura 54- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2	65
Figura 55- Preenchimento da Tabela 2 feito por um dos estudantes	66
Figura 56- Preenchimento da Tabela 2 feito por um dos estudantes	66
Figura 57- Observações de um estudante sobre o cálculo da densidade e da massa específica	66
Figura 58- Observações de um estudante sobre o cálculo da densidade e da massa específica	67
Figura 59- Estudante respondendo às perguntas 1 e 2 do Questionário 3	67
Figura 60- Resposta de um estudante que errou a questão 1 do Questionário 4, contudo, aparenta ter compreendido o conceito físico da massa específica	70
Figura 61- Resposta de outro estudante que errou a questão 1 do questionário 4, contudo, aparenta ter compreendido o conceito físico da massa específica	70
Figura 62- Estudante respondendo corretamente à pergunta 1 e sua justificativa no Questionário 4	71
Figura 63- Estudante que errou a questão 2 do Questionário 4, contudo, aparenta ter compreendido o conceito da fluabilidade	71
Figura 64- Estudante respondendo corretamente a pergunta 2 e sua justificativa do Questionário 4	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 UMA BREVE EVOLUÇÃO DAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM	18
2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA (ASC)	19
2.2.1 Facilitadores da aprendizagem significativa crítica	20
2.3 METODOLOGIAS ATIVAS	23
2.3.1 SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (SEI)	24
2.4 CONCEITOS FÍSICOS ABORDADOS	26
2.4.1 DENSIDADE	26
2.4.2 MASSA ESPECÍFICA	26
2.4.3 PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES	27
2.4.4 FLUTUABILIDADE DOS CORPOS	28
3 DESIGN METODOLÓGICO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	29
3.1 MATERIAIS DO KIT	32
3.1 APLICAÇÃO DO PROTUDO EDUCACIONAL	34
3.1.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL COM ALUNOS DO 8º ANO EFAF	34
3.1.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL COM ALUNOS DO 9º ANO EFAF	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA TURMA DO 8º ANO EFAF	43
4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA TURMA DO 9º ANO EFAF	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICE A – Questionário 1	82
APÊNDICE B – Questionário 2	83
APÊNDICE C – Questionário 3	84
APÊNDICE D – Questionário 4	85
APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL	86

1 INTRODUÇÃO

Desde a mais tenra infância, nós estamos cercados de água, seja na pequena banheira usada para dar banho em bebês, seja nos nossos alimentos, seja na nossa própria hidratação. Ouvir frases como “água é vida” ou “Terra, planeta água”, mostra que em nossa vida, em nosso planeta, a água desempenha um papel de centralidade, embora muitas vezes passe imperceptível e em menor destaque.

Ao longo da vida, não é incomum o uso da água em contextos de brincadeira, como em piscinas, praias e lagos, e ao fazer brincadeiras nesses locais, logo as primeiras dúvidas podem surgir, como por exemplo: por que uma pequena pedra afunda na água, enquanto um grande navio que pode transportar milhares de toneladas de carga consegue flutuar? Ou ainda, por que uma bola “cheia de ar” não afunda na água?

Conhecer os mecanismos acerca da flutuabilidade dos corpos pode ser extremamente importante em diversas situações da vida, como por exemplo, caso esteja nadando e uma forte câimbra o atingir, manter os pulmões cheios de ar diminuirá sua densidade, ajudando-o na sua flutuabilidade, podendo livrá-lo de um afogamento.

Percebe-se então a importância da realização do ensino de hidrostática para toda a sociedade, afinal grande parte dos processos realizados no mundo, seja nas indústrias que fazem uso de grandes prensas hidráulicas, seja nos esportes como natação ou remo que são realizados em água ou ainda nos transportes sejam eles marítimos ou fluviais, ou em uma gama extremamente grande exemplos que poderíamos citar, encontraríamos o uso destes conhecimentos.

Entretanto, atualmente o processo de ensino tem sofrido grande pressão por mudanças, afinal as aulas “tradicionais” não são mais capazes de reter a atenção dos alunos ou de fazer aquilo que lhe é proposto: “transmitir o conhecimento”. O estudante contemporâneo necessita de novos tipos de estímulo já que desenvolvimento das tecnologias e das redes sociais vem expondo-os a um grande número de informações, vídeos e “conhecimentos” que muitas vezes sequer são verdadeiros, porém são muito bem elaborados para reter sua atenção e mantê-los presos a um *looping* de vídeos curtíssimos porém intermináveis que pode drenar horas da atenção destes estudantes e além disso, reduzem significativamente a capacidade do estudante de reter a atenção por um tempo mais longo em alguma atividade e diminuindo o desempenho escolar, como encontrado no estudo de Portugal e de Souza (2020), que sintetizaram diversos estudos científicos com crianças e adolescentes brasileiros, assim como ocorre com

adolescentes de outras partes do mundo, como nos trabalhos recentes sobre atenção sustentada por Budiarti e Susminingsih (2023) e Brand et al. (2022).

Ter ciência disto é imprescindível para que os profissionais da educação possam buscar novas ferramentas que possibilitem a construção do conhecimento de forma mais dinâmica, capaz de reter a atenção e o interesse legítimo dos estudantes nos conteúdos que lhe são apresentados.

Uma das teorias educacionais que se aplicam na tentativa de quebrar paradigmas e tornar o processo educacional mais efetivo, é a teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (ASC), desenvolvida por Marco Antônio Moreira (2011) reforça que para a construção de uma aprendizagem que seja realmente efetiva, o estudante é um agente ativo na construção dos significados, conectando sua estrutura cognitiva formada através de suas vivências com os novos conhecimentos.

Aliado a teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, o uso de metodologias ativas pode se tornar extremamente eficiente. As metodologias ativas, segundo Studard (2019) e Rodrigues e Santos (2024), possuem uma ampla gama de possibilidades de aplicação dentre elas a aplicada durante o desenvolvimento das atividades realizadas neste trabalho que foi uma adaptação da Sequência de Ensino por Investigação (SEI).

Fazer com que o estudante interaja com o conhecimento que será construído por ele, propor hipóteses, testa-las, verifica-las, comparar seus resultados com os resultados obtidos por seus pares, são características da Sequência de Ensino por Investigação. Esses aspectos da SEI, tendem a forçar o estudante a questionar, pensar e discutir com seus pares sobre possíveis soluções e explicações para problemas enfrentados por eles, tendendo a tornar a obtenção do conhecimento um processo mais dinâmico, interativo e acima de tudo, efetivo (CARVALHO, 2018; BODEJAN e COELHO, 2023).

Busca-se então, introduzir a ciência desde os primeiros anos do ensino fundamental com o intuito de demonstrar que esta, se feita resguardadas as capacidades de cada nível estudantil, pode ser apresentada para os primeiros anos de ensino. Segundo Schroeder (2007) e Praxedes (2015) a introdução da Física nas séries iniciais do Ensino Fundamental vai além de uma função apenas prática. Desde cedo, as crianças podem construir bases conceituais que, no ensino médio, facilitarão o aprofundamento teórico, a integração com outras disciplinas como Química e Biologia e o melhor desempenho em vestibulares.

Na Educação Básica do Brasil, as competências e habilidades essenciais que devem ser desenvolvidas em cada etapa da vida escolar dos estudantes é organizada e determinada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que serve de referência para a formação docente, a

produção de material didático e a avaliação de aprendizagem, promovendo a equidade educacional, de forma que todos os estudantes do país tenham acesso a conteúdos e competências mínimas comuns (BRASIL, 2018).

Segundo a BNCC (BRASIL, 2018):

“(EF05CI01) Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.”

A citação refere-se a habilidades que são pertinentes a alunos do 5º ano do ensino fundamental dentro da disciplina de Ciências. Contudo observa-se a falta de materiais que podem ser aplicados com estudantes destas faixas.

Ainda segundo a BNCC (BRASIL, 2018) é esperado para alunos do 7º ano do ensino fundamental anos iniciais, na disciplina de Matemática, que:

“(EF07MA30) Resolver e elaborar problemas de cálculo de medida do volume de blocos retangulares, envolvendo as unidades usuais (metro cúbico, decímetro cúbico e centímetro cúbico).”

Então, baseado no que determina a BNCC, torna-se possível para estudantes a partir do 7º ano do Ensino Fundamental poder realizar cálculos matemáticos envolvendo os conceitos de densidade e massa específica.

Entretanto, é observado que, embora a BNCC (BRASIL, 2018) busque trazer parâmetros de base para os estudantes, ela não disserta sobre o momento de diferenciar os conceitos de densidade e massa específica, ficando a cargo do professor estabelecer ou não esta diferença.

O ensino de Hidrostática, especialmente dos conceitos básicos de densidade e massa específica, é muito importante para alunos do Ensino Fundamental tanto por ter uma grande relação com o cotidiano, em situações práticas envolvendo líquidos e fenômenos do dia a dia, como a flutuabilidade, como por ser um conteúdo muito relevante para estabelecer uma base para assuntos e até disciplinas futuras que o estudante irá se deparar ao longo da vida escolar, possuindo uma grande interdisciplinaridade e desenvolvendo o raciocínio científico.

Para o estudo de conceitos envolvendo densidade e massa específica no estudo da hidrostática, alguns atividades experimentos já foram propostas e desenvolvidos para alunos do Ensino Médio, com o objetivo de verificar a aprendizagem significativa com métodos experimentais de baixo custo, como os trabalhos de Silva e Medeiros (2021), Pimenta (2014) e Cid et al. (2021).

A partir dessas propostas, pode-se observar que o desenvolvimento de metodologias que vinculem a teoria e a prática, gerando engajamento e curiosidade do estudante, mostrou-se um processo enriquecedor e de grande importância. Apesar de existirem trabalhos que se proponham a desenvolver metodologias ativas com conteúdos de Física voltados ao Ensino Fundamental, a grande maioria das produções são voltadas unicamente para turmas do Ensino Médio. Poucos são as proposições que se preocupam em atender os anos iniciais, como é o caso recente trabalho proposto por Edelstein et.al (2024), que sugerem práticas para voltadas para esse grupo.

Com base na literatura do ensino de Física, mais especificamente dos temas iniciais da hidrostática, como densidade e massa específica, e com a proposta em produzir um conteúdo específico que contemple principalmente estudantes do Ensino Fundamental II e estando de acordo com o que propõe a BNCC (BRASIL, 2018) dentro das competências específicas das ciências da natureza para o ensino fundamental:

“Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.”

Destaca-se que, apesar de mencionadas como elementos estruturantes, ainda são poucas as propostas existentes do ensino por investigação e desenvolvimento de práticas no ensino das Ciências da Natureza, como aponta Sasseron (2018).

Dessa forma, este presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

Objetivo Geral:

Desenvolver, aplicar e analisar os resultados de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) sobre conceitos básicos da hidrostática com turmas do Ensino Fundamental II, dentro da perspectiva da aprendizagem crítica.

Objetivos Específicos:

1. Elaborar um procedimento experimental acessível e de fácil aplicação, onde os componentes do procedimento possam ser adquiridos facilmente para promover um processo de ensino e aprendizagem que relacione densidade e massa específica.
2. Implementar o procedimento em sala para explorar a aprendizagem ativa da relação entre densidade e massa específica.

3. Analisar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) para promover a compreensão ativa dos alunos da diferença entre dois conceitos fundamentais da hidrostática, densidade e massa específica, com protagonismo estudantil.

4. Verificar, através da aplicação de questionários, se houve a construção de conhecimento com a implementação do produto educacional.

No cerne da elaboração deste trabalho, busca-se a aplicação de uma SEI para construção de um processo significativo de aprendizagem houve o desenvolvimento do KIT DE HIDROSTÁTICA PARA INVESTIGAÇÃO DO CONCEITO DE DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA. O objetivo do kit, bem como neste trabalho, é que ele seja de fácil acesso e de fácil manipulação, de forma que os conceitos, tanto de densidade como de massa específica possam ser apresentados para alunos desde o sétimo ano do ensino fundamental anos finais, ano no qual segundo a BNCC (BRASIL, 2018) vigente, os alunos devem aprender: Cálculo de volume de blocos retangulares, utilizando unidades de medida convencionais mais usuais, possibilitando a eles então o uso do kit de forma que em seu manuseio os alunos se deparem com situações reais envolvendo a prática da medição, aferição de incertezas e uma imersão mais completa no que diz respeito a implementação da metodologia científica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 UMA BREVE EVOLUÇÃO DAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM

A busca por compreender como os seres humanos aprendem é um dos pilares da pedagogia e da psicologia educacional. Ao longo do século XX, diferentes correntes de pensamento surgiram, cada uma oferecendo uma perspectiva distinta sobre este processo. Entender essa evolução é fundamental para contextualizar as abordagens pedagógicas contemporâneas.

Inicialmente, o Behaviorismo, ou Teoria Comportamental, dominou o cenário. Liderado por psicólogos como B. F. Skinner, o foco desta teoria estava exclusivamente no comportamento observável. A aprendizagem era vista como uma mudança de comportamento resultante de um processo de estímulo e resposta, moldado por reforços (recompensas) e punições. A mente era considerada uma "caixa-preta", cujo funcionamento interno era inacessível e, portanto, irrelevante para o estudo científico.

Como reação às limitações do Behaviorismo, emergiu o Cognitivismo. Essa corrente voltou sua atenção para os processos mentais antes ignorados: memória, percepção, raciocínio

e resolução de problemas. A mente passou a ser vista como um processador de informações, análogo a um computador, que recebe, armazena e organiza o conhecimento. Essa mudança de foco foi essencial para entender que o aluno não é apenas um ser que reage a estímulos, mas que ativamente processa a informação.

A partir das bases cognitivistas, desenvolveu-se o Construtivismo, que se tornou uma das correntes mais influentes na educação moderna. Seus principais expoentes, Jean Piaget e Lev Vygotsky, embora com ênfases diferentes, compartilhavam a ideia central de que o conhecimento não é passivamente recebido, mas ativamente construído pelo aprendiz.

Piaget focou no desenvolvimento cognitivo individual, postulando que a aprendizagem ocorre através da interação do sujeito com o meio, em um processo de assimilação de novas informações e acomodação de suas estruturas mentais.

Vygotsky, por sua vez, deu ênfase ao aspecto social da aprendizagem, defendendo que o conhecimento é co-construído através da interação social e da linguagem. Para ele, a mediação de um par mais experiente é crucial para o desenvolvimento do aluno.

É a partir dessas bases cognitivistas e construtivistas que surgem as teorias que fundamentam este trabalho. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, por exemplo, aprofunda a ideia de que a nova informação precisa se ancorar no conhecimento prévio do aluno para fazer sentido. Posteriormente, Marco Antônio Moreira avança nessa linha ao propor a Aprendizagem Significativa Crítica (ASC), que adiciona uma dimensão de questionamento e reflexão social ao processo. A metodologia da Sequência de Ensino por Investigação (SEI), por sua vez, é a ferramenta prática que permite que esses ideais construtivistas sejam aplicados em sala de aula, transformando o aluno no protagonista da construção do seu próprio saber.

2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA (ASC)

Incorporando uma perspectiva crítica a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, Marco Antônio Moreira (2006) descreve que o processo de construção da aprendizagem se mostra complexo constituído de várias nuances, contudo alguns aspectos mais relevantes apresentam, na sua concepção, um papel mais preponderante no desenvolvimento do processo pedagógico. Para organização de sua metodologia, ele estabeleceu os “Facilitadores da aprendizagem significativa crítica”, que serão discutidos a seguir.

2.2.1 FACILITADORES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

São onze os princípios facilitadores descritos por Marco Antônio Moreira em sua obra.

São eles:

1. Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos.

Neste, o autor descreve a importância de ser levar em consideração os conhecimentos e experiências que os estudantes, futuros construtores do conhecimento, possuem acerca do tema. Estes conhecimentos não precisam ser necessariamente acadêmicos, mas sim voltados para a vivência e percepção do indivíduo.

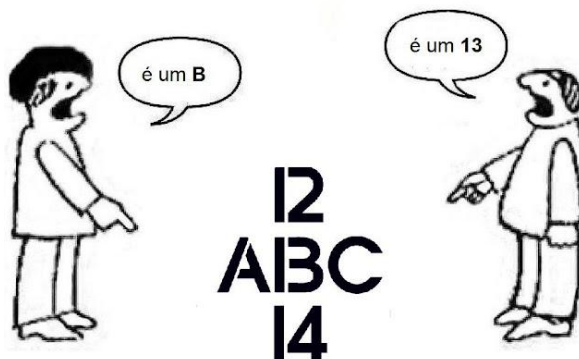
2. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender através de perguntas ao invés de respostas.

Em seu segundo princípio, Moreira nos convida a, de certo modo, dialogar e questionar os estudantes e permitir que estes, por sua vez, o façam entre seus pares. A discussão de ideias a partir de uma problemática pode se mostrar um bom estímulo ao raciocínio e ao desenvolvimento do senso crítico.

3. Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.

É sabido que o conhecimento está disperso na sociedade. Muitos livros textos centralizam o conhecimento e, em muitos casos, consideram correta uma única solução para uma problemática que pode ser atacada e resolvida em diversas perspectivas principalmente em situações onde as respostas são subjetivas e podem variar (sem necessariamente estarem erradas) de acordo com o referencial do estudante, como ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Diferentes pontos de vista



Fonte: <https://neuropsicopedagogianasaladeaula.blogspot.com/2012/09/ponto-de-vista.html>

O autor também deixa claro que não se trata de “abolir” o uso dos livros textos das escolas, mas que seu uso deve ser feito como um guia, um condutor, mas não como a única fonte inquestionável de conhecimento.

4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador.

A forma na qual o estudante percebe aquilo que ele recebe, pode-se mostrar muito mais importante do que aquilo que lhe é entregue, então deve-se ter uma atenção especial a forma com a qual o estudante percebe o conteúdo que lhe é apresentado, para que ele possa de antemão reconhecer a importância do que lhe é oferecido e percebe-lo como útil, afinal, qual professor (principalmente de física) nunca ouviu a famigerada pergunta: “Quando eu vou usar isso na minha vida?”.

5. Princípio do conhecimento como linguagem.

Entender que a linguagem está totalmente relacionada com qualquer que seja a tentativa humana de perceber a realidade. Não é possível dissociar a linguagem (independente da forma que essa linguagem se dá) da obtenção de novos conhecimentos. Entender seus significados e ser capaz de refletir sobre eles vai muito além de decorar certas frases.

6. Princípio da consciência semântica.

Não é possível que alguém use uma palavra a qual ela nunca foi apresentada. Da mesma forma, não é possível que se use corretamente um conceito sem que se tenha plena consciência do que ele representa. Um exemplo é verificar que muitos alunos do ensino médio são capazes de dizer que a aceleração da gravidade da Terra é de aproximadamente 10 m/s^2 , mas poucos são capazes de entender que isso significa que, a cada segundo que passa, um corpo em queda livre e desprezando os efeitos dissipativos, variaria sua velocidade em 10 m/s a cada segundo de queda.

7. Princípio da aprendizagem pelo erro.

Nenhum ser humano pode passar pela vida sem o cometimento de erros, seja eles voluntários ou não. Contudo o erro faz parte da concepção do aprendizado, afinal, só comete erros aqueles que realizam ações. Embora errar não seja uma coisa desejada, ela é natural e possibilita que novas estratégias sejam definidas em busca do acerto. O erro quando cometido na justa e séria tentativa de acertar deve servir como degrau na construção do conhecimento significativo.

8. Princípio da desaprendizagem.

Se é sabido que todo estudante possui seus prévios conhecimentos e estes são de extrema importância para construção de novos conhecimentos, por vezes é necessário que se

abra mão de certas ‘certezas’ e pensamentos fixos acerca de um tema para que novas possibilidades de linhas raciocínio possam surgir. Não significa necessariamente que se deve esquecer aquilo que já foi aprendido ou pensado, mas sim de não utilizar esses conhecimentos para que se abra margem a uma nova forma de pensamento.

9. Princípio da incerteza do conhecimento.

Definições, perguntas e metáforas são os alicerces para a construção da visão de mundo dos indivíduos e para a forma com a qual o pensamento irá se estabelecer.

10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.

Mais uma vez, aqui não se trata da extinção do quadro-de-giz, ou do quadro branco, ou do uso de ferramentas como Slides, mas sim de sua exclusiva utilização, de forma que o conhecimento vem de baixo para cima.

Ressalta-se então a necessidade da ampliação e implementação de meios com os quais o conhecimento possa ser construído, com práticas que coloquem como foco o estudante e que reforcem a percepção positiva acerca dos conteúdos trabalhados.

11. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.

Por fim, temos um princípio que é complementar ao anterior, que segue a perspectiva de se dar mais atenção ao protagonismo do estudante. Possibilitar debates, seminários, rodas de discussão, onde os próprios estudantes possam apresentar suas ideias e debater-las entre seus pares. Onde os estudantes têm a certeza de um ambiente seguro para se expressarem, debaterem, errarem. Onde o professor tem papel mediador, orientador e incentivador (Figura 2).

Figura 2 – Roda de discussão entre uma professora e alunos



Fonte: <https://fazeducacao.com.br/roda-de-conversa/>

2.3 METODOLOGIAS ATIVAS

Assim como em toda sociedade, os avanços na educação se tornam necessários para que esta não se torne ultrapassada, obsoleta, desvalorizada e lotada de paradigmas. No intuito de modernizar a educação, várias metodologias vão sendo desenvolvidas, testadas e implementadas, dentre elas encontram-se as metodologias ativas.

Segundo Nelson Studard (2019):

“... são, portanto, aquelas em que, durante a ensinagem, os alunos participam ativamente do processo, ao invés de apenas escutar de modo passivo o professor.

... metodologias ativas constituem estratégias que possibilitam a realização de atividades nas quais os alunos constroem conhecimento e compreensão.”

Ainda segundo Nelson Studard (2019):

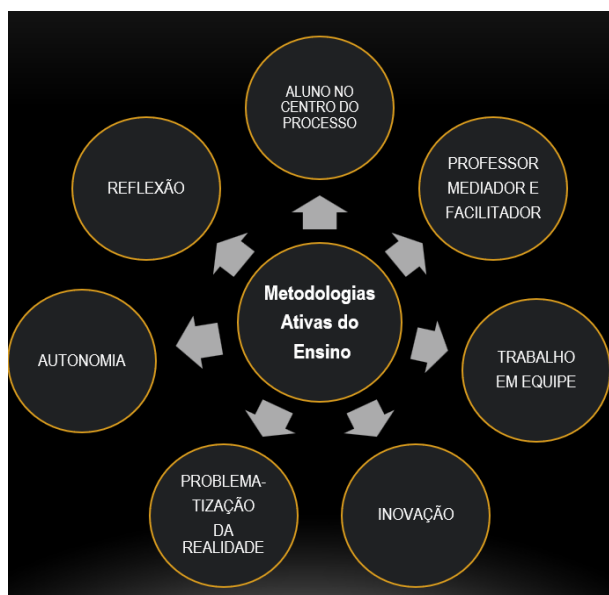
“Todo processo pelo qual o aluno deixa de ser um elemento da audiência para ser o ator principal e o professor deixa de ser o protagonista.”

“Todo método instrucional que leva a ensinagem.”

Nas aplicações das metodologias ativas, como descrito anteriormente, o protagonismo dos estudantes deve ser evidenciado, de forma que o processo de construção do conhecimento leve em consideração as necessidades, habilidades e possibilidades do indivíduo e do meio no qual ele está inserido.

Faz-se então crucial que vários fatores possam ser observados na construção de uma metodologia que se propõe a ser dita como ativa. Podemos destacar as principais características das metodologias ativas (Figura 3):

Figura 3 - Características das metodologias ativas



Fonte: Autor (2023)

Há então uma grande gama de metodologias que se enquadram nas características das metodologias ativas, como podemos observar no esquema da Figura 4:

Figura 4 - Alguns tipos de metodologias ativas



Fonte: Autor (2023)

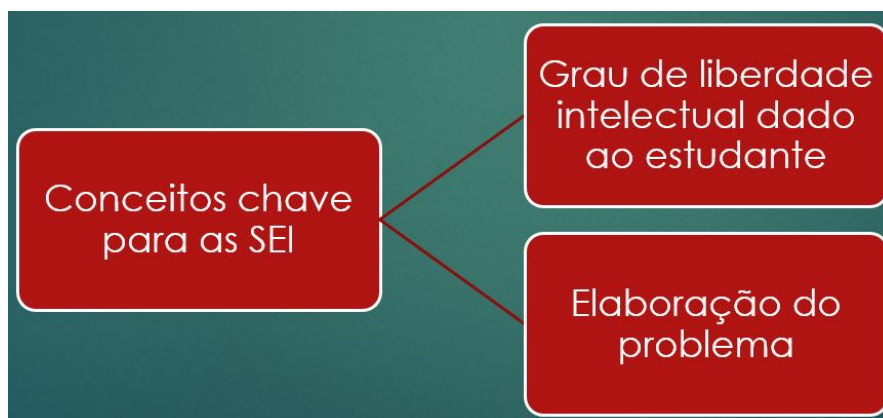
2.3.1 SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (SEI)

Dentre a vasta gama de possíveis metodologias ativas que podem ser aplicadas no processo de ensino-aprendizagem, temos a Sequência de Ensino por Investigação (SEI). Fundamentada por Carvalho (2013) ter-se-á ensino por investigação nos conteúdos pragmáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos:

- Pensarem, levando em conta a estrutura dos conhecimentos.
- Falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos.
- Lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido.
- Escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Portando, podemos dizer que o Ensino por Investigação tem como objetivo possibilitar que o estudante seja capaz de pensar, falar, ler criticamente e desenvolver escrita autoral. Dentro da proposta didática da SEI, não se deve perder o enfoque no desenvolvimento dos conteúdos científicos. São conceitos fundamentais para a SEI (Figura 5):

Figura 5 - Conceitos chave para as SEI



Fonte: Autor (2023)

A liberdade intelectual em sala de aula consiste em criar condições para que os alunos possam participar sem que haja receio da possibilidade do cometimento de erro. Tal liberdade deve ser observada em graus, à medida que os estudantes se adaptam ao processo criativo. Os graus de liberdade evoluem de acordo com a evolução da familiarização dos estudantes com o método.

Podemos, de forma prática, observar a evolução dos graus de liberdade nos seguintes critérios:

- Graus de liberdade 1 e 2: Ensino diretivo, o professor apresenta o problema e as hipóteses.
- Graus de liberdade 3 e 4: O professor propõe o problema, mas participa pouco ou não participa das hipóteses.
- Grau de liberdade 5: Os próprios alunos escolhem os problemas a serem analisados.

Portanto podemos observar uma interrelação entre a ASC e as SEI, no que tange o protagonismo do aluno como agente ativo na construção de seu aprendizado. Enquanto ferramenta, a SEI oferece um arcabouço metodológico, através da investigação prática, argumentação e reflexão, que são fundamentais e basilares na formação de uma aprendizagem significativa.

Então é necessária a utilização de metodologias de Ensino que permita a evolução gradativa dos patamares mais baixos de liberdade criativa até a chegada de um eventual alto grau de liberdade dos alunos para a construção do conhecimento científico, buscando sempre a aplicação prática dos conhecimentos da Física.

2.4 CONCEITOS FÍSICOS ABORDADOS

2.4.1 DENSIDADE

O primeiro cientista que se tem documentado que se refere ao conceito de densidade é o matemático, filósofo e inventor grego Arquimedes de Siracusa (287 a.C. – 212 a.C.). Segundo a lenda, o filósofo fora encarregado pelo Rei Hieron II, a determinar se sua coroa era constituída de fato de ouro.

Arquimedes teria então percebido que um objeto quando submerso em água, desloca um volume de água igual ao seu próprio volume. Ele então pode comparar o deslocamento de água da coroa com o deslocamento de água gerado pela mesma massa de um bloco constituído certamente de ouro. Através deste método, Arquimedes teria então descoberto que houve fraude na confecção da cora do rei (BARBOSA, 2006).

Com o desenvolvimento do método científico e com a padronização de expressões matemáticas o conceito de densidade (d) fora posteriormente definido como a razão entre a massa (m) de um corpo e o volume (v) ocupado por ele, como podemos verificar na expressão matemática a seguir:

$$d = \frac{m}{v} \quad (1)$$

No sistema internacional de medidas a densidade dos corpos deve ser medida em quilogramas/(metro)³ [kg/m³], contudo no uso cotidiano é muito comum que ela também seja utilizada em gramas/(centímetro)³ [g/cm³]. Pode-se fazer a conversão entre as duas unidades, de forma que 1 g/cm³ seja equivalente a 1000 kg/m³.

É fundamental observar que de maneira geral a densidade dos fluidos varia muito pouco com um aumento extremo da pressão sobre ele. A exemplo, a densidade da água aumenta na ordem de 0,5% numa profundidade de aproximadamente 1000 metros. “Podemos, portanto, com muito boa aproximação, tratar um líquido, na estática dos fluidos, como um fluido incompressível, definido por: $\rho = \text{constante}$ ” (NUSSENZVEIG, 2014).

2.4.2 MASSA ESPECÍFICA

A massa específica (μ), também chamada de densidade específica, por sua vez, tem em sua equação matemática a mesma razão utilizada no cálculo da densidade, de forma que a massa específica de um corpo é dada também pela razão entre a massa (m) e o volume (v), conforme a expressão a seguir:

$$\mu = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Contudo, a massa específica é uma propriedade intrínseca da matéria que a constitui, esta deve ser constituída por uma substância pura (ou mistura homogênea), que não possua espaços vazios em seu interior. A massa específica é uma característica da matéria.

Assim como na densidade, a unidade de medida adotada pelo Sistema Internacional de medidas a massa específica dos corpos deve ser medida em quilogramas/(metro)³ [kg/m³], e também tem como unidade de medida usual em gramas/(centímetro)³ [g/cm³].

Observa-se então, que diferentemente da mecânica de corpos rígidos, nos fluidos torna-se mais adequado tratar da sua massa específica e da pressão sobre ele em detrimento da massa e da força, que são mais usadas para os corpos rígidos (HALLIDAY, 2016).

2.4.3 PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Baseado então nas descobertas de Arquimedes, o princípio que de maneira justa carrega seu nome, diz que:

O empuxo ($\vec{E}$), é uma força que atua sobre todo corpo, completamente ou parcialmente imerso num fluido, cuja a componente desta força é vertical e ascendente e sua intensidade é igual ao peso do fluido deslocado por tal corpo (HALLIDAY, 2016).

Matematicamente, temos que:

$$\vec{E} = \vec{P}_{\text{fluido}} \quad (3)$$

Como:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (4)$$

E pela equação (2) podemos escrever que:

$$m = \mu \cdot V_{\text{fluido}} \quad (5)$$

Então, aplicando a equação (5) na equação (4)

$$\vec{P} = \mu \cdot V_{\text{fluido}} \cdot \vec{g} \quad (6)$$

Consequentemente, podemos dizer que:

$$\vec{E} = \mu \cdot V_{\text{fluido}} \cdot \vec{g} \quad (7)$$

Onde V_{fluido} representa o volume de fluido que foi deslocado, e $\vec{g}$ representa o vetor da aceleração gravitacional no local e μ é a massa específica do fluido deslocado.

2.4.4 FLUTUABILIDADE DOS CORPOS

A flutuabilidade dos corpos será definida pela relação entre o peso do corpo imerso no fluido e o empuxo exercido sobre ele.

$$\vec{E} = \vec{P}_{\text{objeto}} \quad (8)$$

Aplicando as equações (7) e (4) na equação (8), temos:

$$\mu \cdot V_{\text{fluido}} \cdot \vec{g} = m_{\text{objeto}} \cdot \vec{g} \quad (9)$$

Dividindo ambos os lados da equação por $\vec{g}$, obtemos:

$$\mu \cdot V_{\text{fluido}} = m_{\text{objeto}} \quad (10)$$

Contudo, pela equação (1), podemos dizer que:

$$m = d_{\text{objeto}} \cdot V_{\text{Objeto}} \quad (11)$$

Aplicando então a equação (11) na equação (10):

$$\mu \cdot V_{\text{fluido}} = d_{\text{objeto}} \cdot V_{\text{Objeto}} \quad (12)$$

O resultado obtido na expressão (12) pode ser interpretado de maneira sucinta, de acordo com a tabela 1 a seguir:

Tabela 1

$d = \mu$	O corpo não afunda nem flutua (suspensão)
$d > \mu$	O corpo afundará
$d < \mu$	O corpo flutuará

A tabela nos mostra a situação de equilíbrio, de forma que se verifica matematicamente que um corpo permanecerá estático em relação a um fluido no qual ele

encontra-se submerso caso a massa específica do fluido (μ) seja igual a densidade do objeto (d), caso não haja nenhuma outra força considerada no sistema.

Caso a densidade do objeto seja maior que a densidade do fluido, o empuxo ($\vec{E}$) torna-se menor que o peso ($\vec{P}$) do objeto, tendo como consequência uma força resultante vertical para baixo.

Por fim, caso a densidade (d) do objeto seja menor que a massa específica (μ) do fluido no qual o corpo se encontra submerso, o empuxo ($\vec{E}$) tornar-se-á maior que o peso ($\vec{P}$) do objeto, tendo como consequência uma força resultante vertical para cima.

3 DESIGN METODOLÓGICO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com pleno interesse no desenvolvimento do ensino da Física, bem como sua inserção de forma natural e o mais precoce possível, associada a práticas pedagógicas que possibilitem a introdução de conceitos físicos que possam ser de fácil assimilação e imbuída de uma matemática simples, mas que carregam conceitos de extrema relevância para a ciência, bem como para a sociedade, esta sequência didática foi desenvolvida para que alunos desde o sétimo ano do Ensino Fundamental Anos Finais até estudantes do último ano do Ensino Médio possam ser contemplados pelas observações e conteúdos que este material tem a oferecer.

Um dos aspectos centrais da aplicação de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) é a definição do nível de autonomia concedido aos estudantes, conhecido como grau de liberdade intelectual. A escolha desse grau não é trivial, pois ela molda diretamente o papel do aluno e do professor no processo de construção do conhecimento. Abordagens mais diretivas, classificadas nos Graus 1 e 2, mantêm o professor como a figura central que define não apenas o problema, mas também as hipóteses a serem testadas, limitando a investigação a um exercício de confirmação. No extremo oposto, o Grau 5 representa a investigação aberta, na qual os próprios estudantes têm a liberdade de escolher os problemas que desejam analisar, demandando um alto nível de maturidade científica. Avaliando a estrutura metodológica adotada neste trabalho, percebe-se que a proposta se situa em um ponto intermediário e estratégico, que equilibra a orientação docente com a autonomia discente. Portanto, com base nesta análise, é possível classificar a sequência didática aqui desenvolvida entre os Graus de Liberdade 3 e 4.

Essa classificação se justifica pois, no presente trabalho, o problema foi claramente definido pelo professor – investigar as propriedades dos cubos e o fenômeno da flutuabilidade. Contudo, em nenhum momento foram fornecidas as hipóteses ou respostas prontas. Pelo

contrário, por meio dos Questionários 1 e 2, os estudantes foram instigados a observar, coletar dados e, crucialmente, formular suas próprias explicações para questões como "Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?". O processo de discussão em grupo e a comparação de resultados reforçam esse caráter investigativo, no qual os alunos, e não o professor, são os autores das ideias iniciais, alinhando a prática executada aos Graus 3 e 4 de liberdade intelectual.

A metodologia que será descrita a seguir foi aplicada com alunos dos 8º e 9º anos do ensino fundamental anos finais (EFAF), de duas instituições de ensino da rede particular, na Região Metropolitana do Recife. Os alunos do 8º e do 9º do EFAF são pertencentes a instituições de ensino distintas.

Os grupos escolhidos apresentavam a característica de não possuírem contato formal acerca dos conceitos de densidade e massa específica, contudo possuíam as ferramentas matemáticas necessárias para a realização dos cálculos que serão realizados ao longo do procedimento.

Vale salientar que esse kit também tem a possibilidade de ser aplicado em turmas do 6º e 7º anos do Ensino Fundamental Anos Finais, desde que, aos alunos do 6º ano sejam fornecidos os volumes dos cubos e para os alunos do 7º ano, que sejam aplicados após os estudantes serem apresentados ao cálculo do volume de blocos, conforme esperado na BNCC, ou que, assim como no 6º ano, sejam fornecidas as medidas dos volumes.

Além disto, o presente kit também pode se aplicar para alunos do ensino médio, como ferramenta de fixação ou mesmo de verificação de aprendizagem realizada de forma ativa. No mais, o kit pode ser usado também para o cálculo do empuxo para os estudantes do nível citado.

Uma possibilidade de utilização do kit, além da descrita neste trabalho, é o uso dos componentes do kit para verificar se os corpos flutuam ou não realizando primeiro os cálculos de suas densidades/massa específica. Nos componentes que não afundam, por exemplo, os estudantes podem ainda observar na prática o princípio de Arquimedes, calculando qual o volume do bloco que ficará imerso na água ao ser colocado nela, ainda há a possibilidade de se calcular o peso aparente dos blocos que ficam completamente imersos na água. Muitas outras também são as possibilidades de exploração do kit, que pode ser previamente manuseado pelos professores para o desenvolvimento de processos que melhor se adequem as realidades de suas turmas e a profundidade na qual o conteúdo de hidrostática será trabalhado.

Na literatura é possível identificar que trabalhos envolvendo o desenvolvimento de atividades experimentais para o ensino da Física, especificamente trabalhando o tema de

hidrostática com diferentes abordagens e objetivos podem ser encontrados. Eles servem como arcabouço para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos trabalhos.

Uma abordagem utilizada por Cid et. al. (2021), entre outras coisas, pede-se que os estudantes calculem a densidade de blocos que possuem volumes iguais, mas feitos de materiais distintos para verificar a flutuabilidade dos corpos, contudo, não se observa o foco na diferenciação dos conceitos de massa específica e densidade em sua abordagem e sim apenas no conceito da flutuabilidade dos corpos e sua justificativa.

Outra forma de propor os temas apresentados, é conforme Erthal e Gama (2021) que deixam a cargo dos estudantes a montagem, a elaboração e a aplicação de seus procedimentos experimentais como metodologia para construção do aprendizado, contudo este método exige familiaridade/adaptação dos estudantes com os graus de liberdade das SEIs além de uma alta demanda de tempo para a execução.

Na implementação do kit do presente trabalho, tem-se o interesse que o estudante possa ser apresentado de forma sistemática e adequada aos seus níveis de ensino, considerando que estes podem ainda não ter tido contato com os conceitos relacionados a hidrostática, portanto, faz-se necessário toda a composição do kit para que a formalização dos conceitos seja aplicada de forma satisfatória.

Ademais, a presente sequência didática fez uso de um kit experimental, apresentado a seguir concomitantemente aplicando-se quatro questionários (Apêndices A, B, C, e D) durante a atividade completa, desenvolvida em quatro fases, sendo uma delas (a última) de caráter avaliativo.

Os questionários foram aplicados com o intuito de acompanhar o ritmo do raciocínio dos estudantes bem como suas observações ao longo do processo. Além de observações objetivas de suas respostas, os questionários são úteis para verificar itens de caráter subjetivo, como comprometimento dos estudantes com as atividades e a evolução (ou não) no raciocínio apresentado em cada resposta subsequente, buscando evidências de aprendizagem significativa, de acordo com o que indica Moreira (2021).

O kit foi produzido de forma que ele possa ser reproduzido por outros professores sem que haja grande dificuldade em sua montagem, tendo em vista, o fácil acesso que cada um dos componentes que fazem parte do mesmo tem de ser adquiridos.

Um dos objetivos específicos deste trabalho foi a elaboração de um procedimento experimental acessível e de fácil aplicação. Para validar a viabilidade financeira da proposta, foi realizado um levantamento de custos dos componentes do kit, com base em valores de mercado praticados no Brasil em agosto de 2025.

Considerando a aquisição dos itens em varejistas online e lojas de suprimentos, os custos individuais foram estimados da seguinte forma: balança de precisão digital (R\$ 30,00 a R\$ 45,00), béquer plástico graduado de 600 ml (R\$ 8,00 a R\$ 20,00) e régua de 30 cm (R\$ 2,00 a R\$ 5,00). O custo mais variável, o dos seis cubos de PLA, foi estimado considerando a contratação de um serviço terceirizado de impressão 3D, um cenário provável para instituições sem acesso próprio a essa tecnologia. Nessa modalidade, o valor para a produção do conjunto de blocos situa-se entre R\$ 40,00 e R\$ 80,00.

Dessa forma, o custo total para a montagem de um kit experimental completo varia, aproximadamente, entre R\$ 80,00 e R\$ 150,00. Este valor reforça o caráter de baixo custo do kit, tornando-o uma ferramenta didática financeiramente acessível para ser reproduzida por outros professores e aplicada em diferentes contextos escolares.

É muito importante salientar, que esse preço pode variar de acordo com a região, condições econômicas do país, época do ano e inúmeros fatores externos. Aqui tem-se uma estimativa de custos que poderá ajudar aos interessados a se basear.

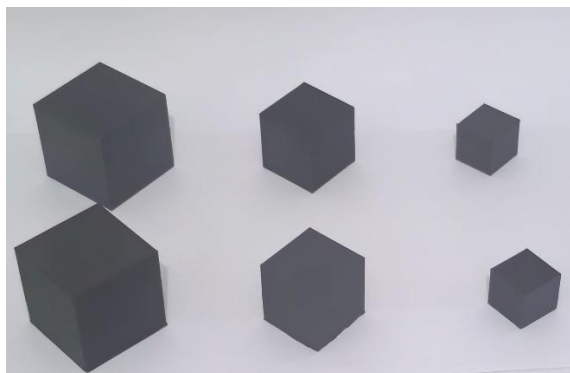
3.1 MATERIAIS DO KIT

O kit é composto por seis blocos de PLA de medidas aproximada de aresta de 4cm, 3cm e 2cm respectivamente (Figura 6), onde três blocos ‘ocos’ de PLA com volumes aproximados de 8cm^3 , 27cm^3 e 64cm^3 , e três blocos maciços de PLA com volumes aproximados de 8cm^3 , 27cm^3 e 64cm^3 .

O PLA é um material usado em impressoras 3D. Ele é um polímero desenvolvido com materiais biodegradáveis, feitos a partir do amido de milho.

Os blocos ocos e maciços não podem ser identificados apenas visualmente. É possível diferencia-los através da aferição de sua massa.

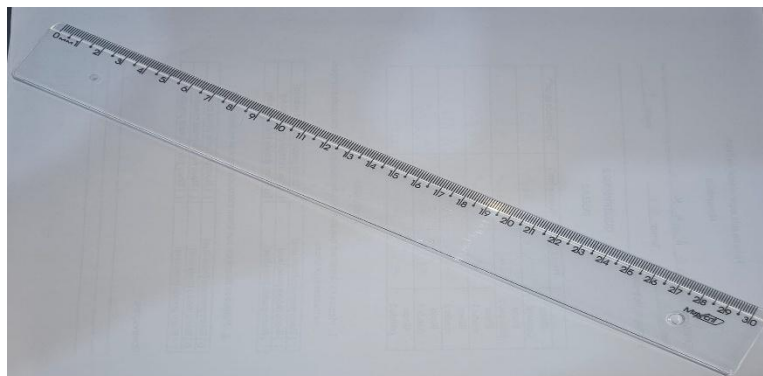
Figura 6- Blocos que compõem o kit experimental.



Fonte: Autor (2024)

Além dos blocos, foi fornecido aos estudantes uma régua de 30cm de plástico (Figura 7) e uma balança de precisão digital (Figura 8).

Figura 7 - Régua de 30cm fornecida para os estudantes.



Fonte: Autor (2024)

Figura 8 - Balança de precisão digital fornecida aos estudantes.



Fonte: Autor (2024)

Junto a eles também foi fornecido um béquer de plástico, cuja capacidade é de 600ml (Figura 9).

Figura 9 - Béquer plástico de 600ml fornecido aos estudantes.



Fonte: Autor (2024)

Em posse dos componentes do kit, os estudantes puderam manipula-los e inicia-se o processo de aplicação do produto educacional.

3.1 APLICAÇÃO DO PROTUDO EDUCACIONAL

3.1.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL COM ALUNOS DO 8º ANO EFAF

O esquema a seguir sintetiza as etapas e durações das quatro fases de aplicação do produto educacional na turma do 8º ano EFAF (Quadro 1):

Quadro 1- Síntese da aplicação da atividade experimental com o 8º ano

8º ano EFAF – Turma com 7 alunos – único grupo			
Dias	Fase	Atividade	Duração
1º dia	PRIMEIRA FASE	Utilização do kit experimental e Aplicação do Questionário 1	25 min
	SEGUNDA FASE	Utilização do kit experimental e Aplicação do Questionário 2	7 min
	TERCEIRA FASE	Apresentação teórica do conteúdo e Aplicação do Questionário 3	15 min
2º dia	QUARTA FASE (AVALIAÇÃO)	Revisão dos Questionários 1, 2 e 3 e Aplicação do Questionário 4	50 min

Fonte: Autor (2024)

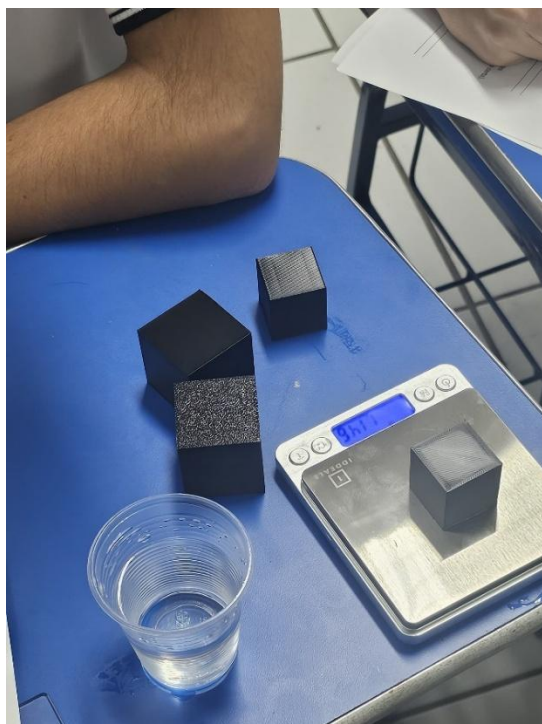
Inicia-se o processo como descrito na PRIMEIRA FASE. Com um pequeno grupo instituído por 7 alunos do 8º ano EFAF, o trabalho foi aplicado em dois dias distintos, cada dia de aplicação teve a duração de 50 minutos.

Foi explicado aos estudantes a natureza do trabalho que seria realizado por eles, bem como a finalidade de pesquisa e seriedade que esse trabalho carrega.

Como o grupo de estudantes que seriam expostos ao kit experimental era pequeno, não houve a necessidade em dividi-los em grupos, de forma que todos eles pertenceram ao mesmo grande grupo. Foram disponibilizados aos estudantes dois kits experimentais, para que eles pudessem manipula-los, averiguá-los e observados.

Em seguida, houve a explicação sobre cada um dos componentes do kit experimental. Foi ensinado a eles o uso do béquer e das balanças que compõem o kit (Figura 10). Após estas explicações foi pedido aos estudantes que eles colocassem 450 ml de água dentro dos béqueres e que eles colocassem um a um os cubos dentro destes béqueres.

Figura 10 -Estudantes realizando medições



Fonte: Autor (2024)

Após este primeiro momento, foi fornecido aos estudantes o Questionário 1 (Apêndice A). Foi pedido que eles o lessem com atenção e que fizessem os preenchimentos das informações de forma individual (Figura 11), mesmo que as discussões e comparações de resultados pudessem ser feitas posteriormente.

Figura 11 - Estudantes respondendo ao questionário



Fonte: Autor (2024)

Após todos os estudantes finalizarem o preenchimento dos dados do Questionário 1, foi finalizada a primeira fase de aplicação do produto. Esta primeira fase de aplicação durou cerca de 25 minutos.

A SEGUNDA FASE da aplicação inicia-se com a discussão entre os estudantes sobre os dados coletados e as perguntas respondidas na primeira fase. Após uma breve discussão entre os alunos, foi fornecido a eles o Questionário 2 (Apêndice B) para que pudessem fazer novas observações. Esta fase foi a etapa mais curta da realização do trabalho e durou cerca de 7 minutos. Por questão de praticidade, alguns estudantes resolveram usar um copo descartável no lugar do béquer para testar a flutuabilidade dos blocos, já que haviam apenas dois béqueres disponíveis.

A TERCEIRA FASE, inicia-se mais uma vez com a discussão entre os estudantes sobre aquilo que foi realizado na fase anterior. Em seguida foi apresentado de maneira formal os conceitos de densidade (d), de massa específica (μ) e de flutuabilidade.

Foi utilizada uma proveta (Figura 12) para mostrar que em condições normais de temperatura e pressão, 100mL de água possui uma massa de 100g, tendo então a correspondência de que $1\text{mL}=1\text{cm}^3$, logo a densidade da água seria de 1g/cm^3 .

Figura 12 - Proveta graduada indicando volume de 100mL e massa de 100g



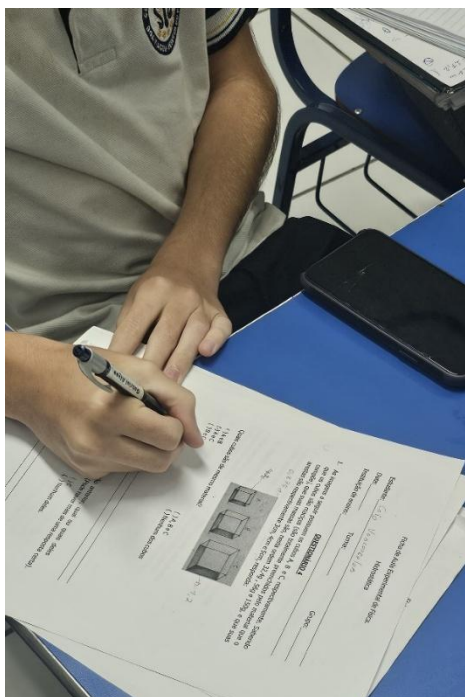
Fonte: Autor (2024)

Após a explicação acerca dos conceitos de densidade (d) e massa específica (μ) houve então a aplicação do Questionário 3 (Apêndice C) finalizando a terceira fase do processo. A terceira fase durou cerca de 15 minutos, esgotando o tempo da aula. Todos os questionários aplicados até então foram recolhidos.

Na semana seguinte a atividade foi retomada, iniciando-se assim a QUARTA FASE (AVALIAÇÃO). Foram entregues aos alunos os questionários anteriormente aplicados para que eles pudessem rever as perguntas que foram realizadas e suas respostas. Foi dado a eles 15 minutos para que pudessem analisar os próprios dados e discutir entre si.

Após o momento inicial, os questionários anteriores foram recolhidos novamente, e foi entregue aos estudantes o Questionário 4 (Apêndice D). Para este, as respostas foram individuais. Cada aluno teve um tempo máximo de 25 minutos para finalizar a realização do questionário (Figura 13), e após sua finalização o Questionário 4 foi recolhido.

Figura 13 - Estudante respondendo ao Questionário 4



Fonte: Autor (2024)

Por fim, depois de recolher todos os questionários, utilizou-se o tempo restante para sanar as principais dúvidas dos estudantes e resolver com eles as atividades propostas no último questionário.

3.1.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL COM ALUNOS DO 9º ANO (EFAF)

Com um grupo dotado de 38 alunos a turma do 9º ano do EFAF foi dividida em 4 grandes grupos contendo entre 8 a 10 estudantes. Cada grupo teve acesso a um único kit experimental. A aplicação do produto se deu no tempo de duas aulas consecutivas de 50 minutos cada, tendo no total a mesma duração que se deu com a turma do 8º ano do EFAF.

Realizada a divisão dos grupos, o procedimento de aplicação do produto educacional seguiu o mesmo roteiro realizado com a turma anterior, modificando-se apenas o tempo dedicado a cada fase.

O quadro a seguir sintetiza as etapas e durações das quatro fases de aplicação do produto educacional na turma do 9º ano EFAF (Quadro 2):

Quadro 2- Síntese das atividades experimentais no 9º ano

9º ano EFAF – Turma com 38 alunos – 4 grupos			
Dias	Fase	Atividade	Duração
1ª aula e 2ª aula	PRIMEIRA FASE	Utilização do kit experimental e Aplicação do Questionário 1	35 min
	SEGUNDA FASE	Utilização do kit experimental e Aplicação do Questionário 2	10 min
	TERCEIRA FASE	Apresentação teórica do conteúdo e Aplicação do Questionário 3	20 min
	QUARTA FASE (AVALIAÇÃO)	Aplicação do Questionário 4 e Resolução e discussão	35 min

Fonte: Autor (2024)

A PRIMEIRA FASE, agora com a necessidade de divisão dos grupos e organização da sala de aula para que os grupos ficassem uniformemente distribuídos, consumiu pouco mais de 35 minutos da aula, pois a organização do espaço físico exigiu bastante modificações nas posições das carteiras e dos alunos (Figura 14).

Figura 14 - Estudantes se organizando em grupos



Fonte: Autor (2024)

Dando continuidade às atividades, foi explicado aos grupos os componentes do kit experimental, bem como o devido funcionamento de cada um de seus componentes. Foi pedido aos estudantes que eles colocassem 450 ml de água dentro dos béqueres e que eles colocassem um a um os cubos dentro destes béqueres (Figura 15).

Figura 15 - Estudante colocando os blocos no béquer



Fonte: Autor (2024)

Foi entregue então o Questionário 1 a cada um dos alunos e dado o tempo até que todos os participantes pudessem responde-lo (Figura 16). Com isso, houve a finalização da PRIMEIRA FASE da aplicação do produto educacional.

Figura 16- Grupo de estudantes realizando as medições

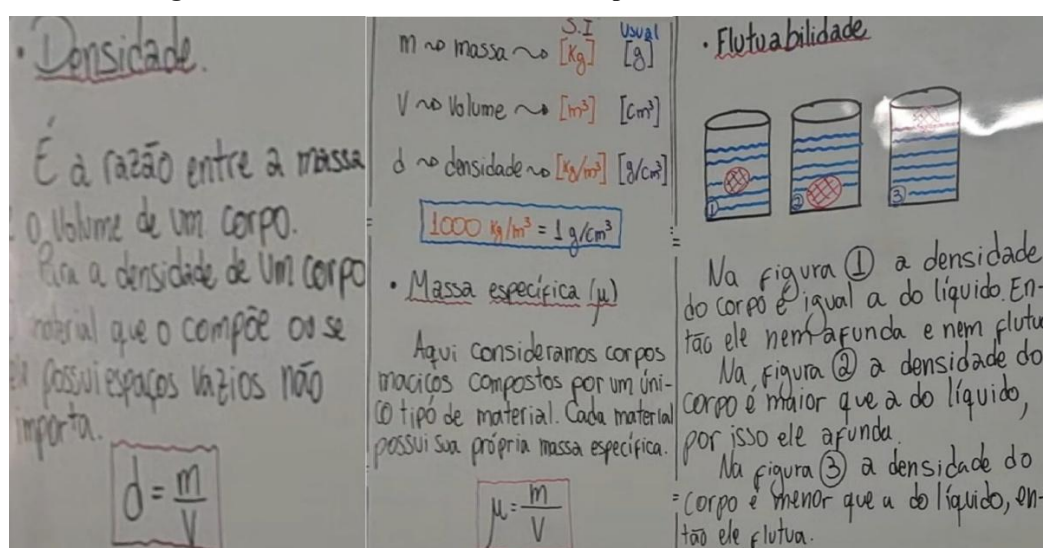


Fonte: Autor (2024)

A SEGUNDA FASE se inicia com a discussão entre os integrantes de cada grupo sobre os resultados obtidos na primeira fase. Em seguida ocorre a entrega do Questionário 2 e é dado um tempo para que todos os alunos pudessem responde-lo. A segunda etapa do processo necessitou de 10 minutos para ser completada.

Na TERCEIRA FASE da aplicação do produto educacional, foram então apresentados aos estudantes de maneira formal os conceitos de densidade (d), de massa específica (μ) e de flutuabilidade (Figura 17). Também foi utilizado a proveta para a demonstração da massa específica da água nas condições normais de temperatura e pressão.

Figura 17- Quadro contendo conteúdos apresentados aos estudantes



Fonte: Autor (2024)

Após apresentação formal dos conceitos, foi disponibilizado aos alunos o Questionário 3. A terceira fase teve um tempo de duração de aproximadamente 20 minutos.

Após a finalização do questionário 3, todos os questionários foram recolhidos e foi pedido que os estudantes organizassem as carteiras para que fosse realizada aplicação do Questionário 4.

O Questionário 4 foi aplicado de forma individual e os estudantes 25 minutos para resolve-lo. Ao terminarem a resolução do questionário, os 10 minutos restantes da aula foram usados para resolução do questionário por parte do professor, bem como interação com os estudantes para responder eventuais dúvidas e curiosidades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a realização da aplicação do questionário 3, todos os alunos realizaram os cálculos das densidades/massa específica dos blocos (ocos e maciços).

Aferido pelo professor as massas específicas dos blocos maciços foram conforme apresentadas na sequência de figuras a seguir.

Iniciando com o bloco menor, foram realizadas as medições de seu comprimento, largura, altura e massa (Figura 18).

Figura 18- Medições referentes ao bloco de tamanho menor



Fonte: Autor (2024)

Realizando os cálculos necessários, obtivemos que:

$$\text{Volume do paralelepípedo} = 1,98 \times 2,00 \times 1,99 = 7,8804 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa do paralelepípedo} = 9,8\text{g}$$

$$\text{Massa específica obtida} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{9,8}{7,8804} = 1,243 \text{ g/cm}^3$$

O mesmo procedimento foi realizado para o bloco de tamanho intermediário. As medições de seu comprimento, largura e altura, assim como a medição de sua massa está registrada conforme a Figura 19:

Figura 19- Medições referentes ao bloco de tamanho médio



Fonte: Autor (2024)

Volume do paralelepípedo = $2,95\text{cm} \times 2,97\text{cm} \times 2,97\text{cm} = 26,02\text{ cm}^3$

Massa do paralelepípedo = 32,2g

Massa específica obtida = $\frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{32,2}{26,02} = 1,237\text{ g/cm}^3$

Fazendo agora as medições pertinentes ao bloco de tamanho maior, foram obtidos os resultados observados na Figura 20.

Figura 20- Medições referentes ao bloco de tamanho maior



Fonte: Autor (2024)

Volume do paralelepípedo = 3,93cm x 3,94cm x 3,94cm = 61,00 cm³

Massa do paralelepípedo = 73,0g

$$\text{Massa específica obtida} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{73,0}{61,00} = 1,196 \text{ g/cm}^3$$

O material utilizado para fabricação dos blocos é o PLA (ácido poliláctico), que possui massa específica aproximada de 1,24 g/cm³. Contudo podemos observar que no cálculo da massa específica do bloco maior, houve uma discrepância da ordem de 3,5% nessa massa específica. Duas explicações para essa divergência (embora muito pequena) estão associadas ao processo de fabricação dos blocos.

A primeira se dá conforme Santana et al. (2018) p.09:

“O principal estágio de decomposição térmica do PLA avaliado neste estudo inicia-se a uma temperatura (T_{inicial}) de aproximadamente 330°C e finaliza (T_{final}) em 395°C, com uma variação da quantidade inicial de material de 98%. Um segundo estágio de degradação ocorre entre 395°C e 530°C, com uma perda de massa de 2%, sendo verificada a degradação total do material após esta última temperatura.”

A segunda se dá de acordo com o fabricante dos blocos, que explica que, quanto maior é a peça fabricada na impressora 3D, maior é a chance de formação de pequeníssimas bolhas no interior da estrutura. Essas bolhas não costumam afetar a estrutura do material, mas em análise detalhada podem ser percebidas.

Após a finalização da aplicação do kit experimental com os estudantes, essas informações lhe foram passadas para que quaisquer dúvidas que pudessem surgir, em relação a composição do bloco maior, fossem sanadas.

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA TURMA DO 8º ANO EFAF

Foi interessante observar que alguns estudantes foram extremamente cautelosos em suas medições, como ilustra a Figura 21. Alguns deles perceberam que embora os blocos tenham um formato muito próximo de um cubo, eles não possuíam dimensões exatamente iguais, o que faria com que seu volume não fosse um número exato.

Figura 21- Preenchimento da tabela 1 do Questionário 1

	Aresta 1 (cm)	Aresta 2 (cm)	Aresta 3 (cm)	Volume (cm ³)
Bloco ^{leve} pequeno 1	2	1,9	2	7,9
Bloco ^{pesado} pequeno 2	1,9	2	2	7,6
Bloco ^{leve} médio 1	2,9	2,9	3	25,23
Bloco ^{pesado} médio 2	3	3	3	27
Bloco ^{leve} grande 1	3,9	3,9	3,9	59,319
Bloco ^{pesado} grande 2	3,9	3,9	4	60,84

Fonte: Autor (2024)

A PRIMEIRA FASE do experimento se alongou mais do que o esperado justamente pelo zelo que alguns dos estudantes tiveram com as medições. Alguns deles inclusive pensaram sobre a incerteza da régua e fizeram aproximações com base em suas observações e conhecimentos prévios (Figura 22).

Figura 22- Preenchimento da Tabela 1 do Questionário 1

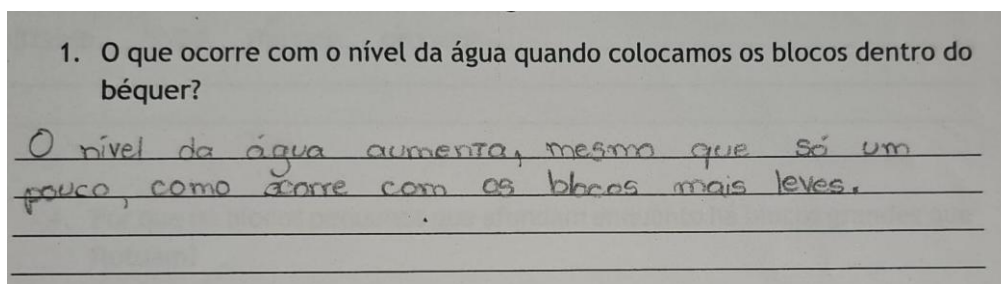
	Aresta 1 (cm)	Aresta 2 (cm)	Aresta 3 (cm)	Volume (cm ³)
Bloco pequeno 1	2,00	2,95	2,95	7,005625
Bloco pequeno 2	1,95	2,95	1,95	7,414875
Bloco médio 1	2,95	2,95	2,9	25,23205
Bloco médio 2	2,95	2,95	2,95	25,672375
Bloco grande 1	3,95	3,95	3,95	61,629875
Bloco grande 2	3,95	3,95	3,9	60,84975

Fonte: Autor (2024)

É importante salientar que o professor orientador não fez intervenções sobre as observações e medições realizadas pelos estudantes. Houve discussão entre eles e cada um seguiu da forma que achou que seria “mais correta” em sua própria opinião.

Partindo para observação das respostas obtidas na primeira pergunta do questionário 1, tivemos respostas variadas, mas houve unanimidade com o fato de que “o nível da água sobe” (Figura 23).

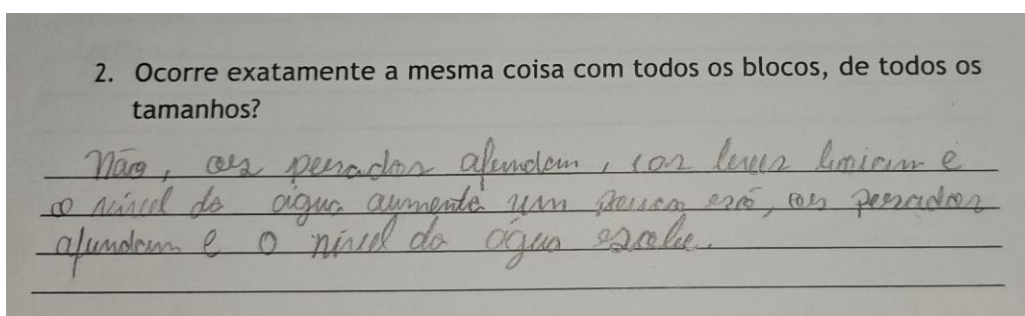
Figura 23- Resposta de um estudante a pergunta 1 do Questionário 1



Fonte: Autor (2024)

Observando então as respostas da segunda pergunta do questionário 1, o raciocínio de todos estavam convergindo para o fato que “os blocos mais pesados de cada tamanho afundavam” (Figura 24).

Figura 24- Resposta de um estudante a pergunta 2 do Questionário 1



Fonte: Autor (2024)

É interessante observar a utilização dos termos “leve” e “pesado” que são usados para se referirem respectivamente aos blocos de maior densidade e de menor densidade.

Dentro do questionário 1 pudemos observar que, embora não houvesse uma única resposta correta, havia respostas que eram esperadas. Essas respostas deveriam conter informações que convergem para descrições a seguir.

- Pergunta 1: O que ocorre com o nível da água quando colocamos os blocos dentro do béquer?

- Resposta esperada para pergunta 1: *O nível da água sobe. / O nível da água sobe, mais para uns blocos que para outros.*

- Pergunta 2: Ocorre exatamente a mesma coisa com todos os blocos, de todos os tamanhos?

- Resposta esperada para pergunta 2: *Não, pois embora em todos os casos o nível da água suba, ele não sobe igualmente em todos os casos. Há também blocos que afundam e blocos que flutuam.*

Ainda é interessante observar que, embora a resposta esperada para a pergunta 2 do questionário 1 seja “Não...” uma resposta que possui um “Sim...” pode convergir para um raciocínio correto, como podemos observar na resposta apresentada na Figura 25 a seguir:

Figura 25- Resposta de um estudante a pergunta 2 do Questionário 1

2. Ocorre exatamente a mesma coisa com todos os blocos, de todos os tamanhos?

sim, porém os leves sobem bem pouco e os pesados sobem mais, pois a densidade é maior.

Fonte: Autor (2024)

Percebe-se que a resposta do aluno vai no sentido de que “ocorre a mesma coisa” com todos, pois em todos os casos o nível da água sobe, esquecendo-se apenas de levar em consideração a palavra “exatamente”. Deste modo então, podemos caracterizar um acerto parcial da pergunta, pois deve ser levado em consideração que houve a percepção de que com alguns blocos o nível da água sobe mais que com outros blocos.

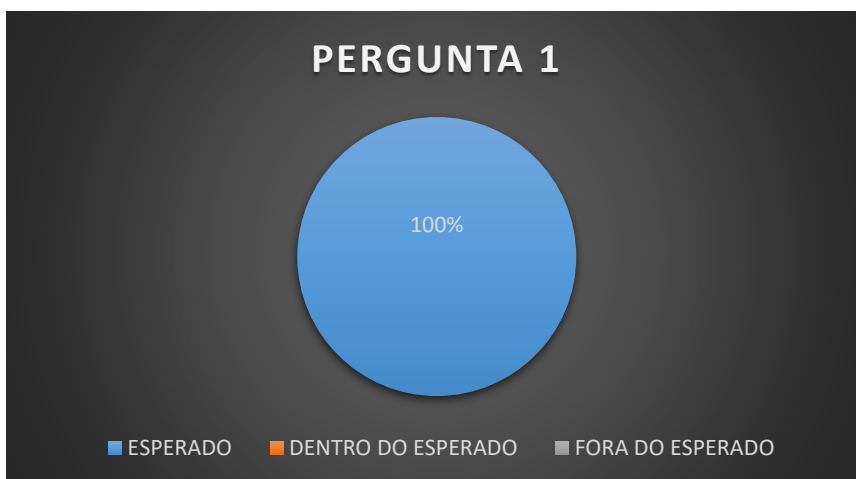
Para a análise das questões presentes ao longo de todos os questionários, usou-se o seguinte critério:

Esperado – A resposta continha apenas descrições corretas, seja em respostas empíricas ou em respostas que envolvem conceitos físicos.

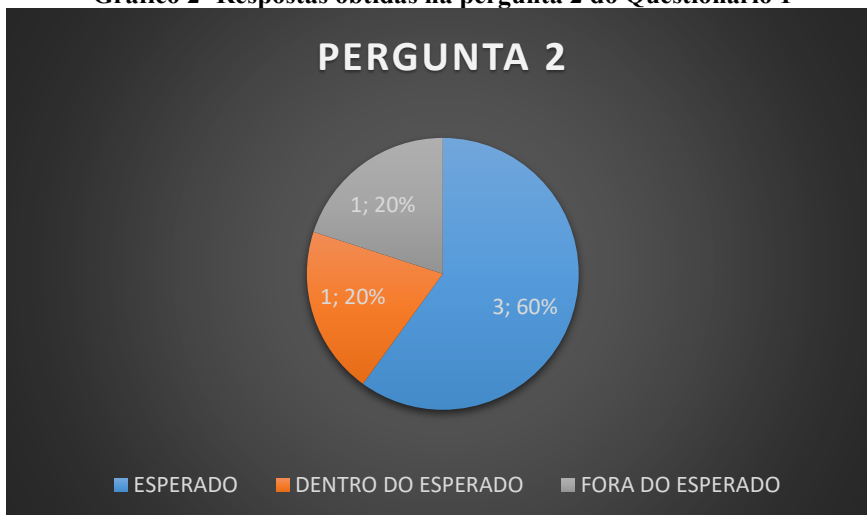
Dentro do esperado - A resposta possuía ao menos um acerto, podendo conter algum erro, seja em conceito físico ou empírico.

Fora do esperado - Nenhuma observação feita está correta, seja ela empírica ou conceitual.

Podemos então estabelecer um gráfico de respostas obtidas nas perguntas 1 (Gráfico 1) e 2 do questionário 1 (Gráfico 2).

Gráfico 1- Respostas obtidas na pergunta 1 do Questionário 1

Fonte: Autor (2024)

Gráfico 2- Respostas obtidas na pergunta 2 do Questionário 1

Fonte: Autor (2024)

Para o questionário 2, as perguntas 1 e 2 foram respondidas mais uma vez em unanimidade, tendo em vista que suas respostas eram objetivas e verificadas através dos procedimentos realizados no Questionário 1 (Figura 26).

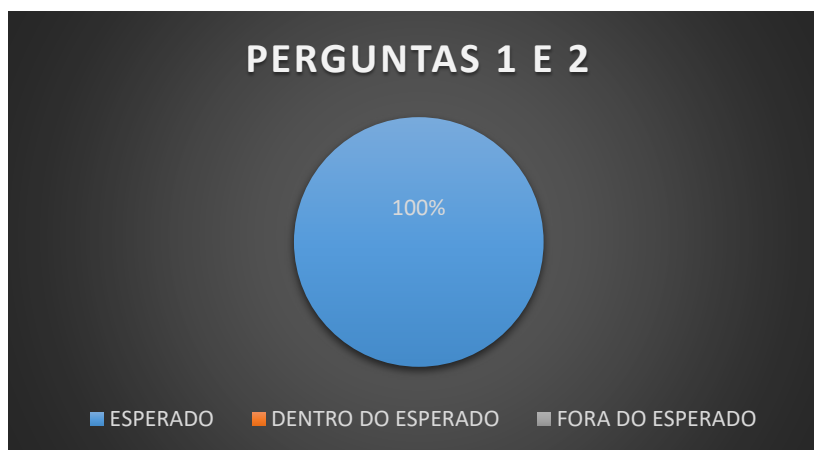
Figura 26- Resposta de um estudante das perguntas 1 e 2 do Questionário 2

1. Marque os blocos que afundam.	
☐ Bloco pequeno (mais leve)	☒ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☒ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☒ Bloco grande (mais pesado)
2. Marque os blocos que flutuam.	
☒ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☒ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☒ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

Fonte: Autor (2024)

As respostas contidas na Figura 26 são exatamente as respostas esperadas para as perguntas 1 e 2, e foram as marcadas por todos os estudantes, conforme podemos observar no Gráfico 3.

Gráfico 3- Respostas obtidas nas perguntas 1 e 2 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Para a resolução da pergunta 3 do Questionário 2, um dos alunos apresentou a ideia de densidade para os outros colegas, que concordaram com ele. Desta forma as respostas dadas para essa pergunta convergiam para o mesmo raciocínio de que “os pesados são mais densos que os leves” (Figura 27).

- Pergunta 3: Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?

- Resposta correta/esperada para pergunta 3: *Porque uns são mais densos que a água, estes afundam, outros são menos densos que a água, estes flutuam.* Ou ainda: *Porque possuem densidades diferentes.*

Figura 27- Resposta de um estudante da pergunta 3 do Questionário 2

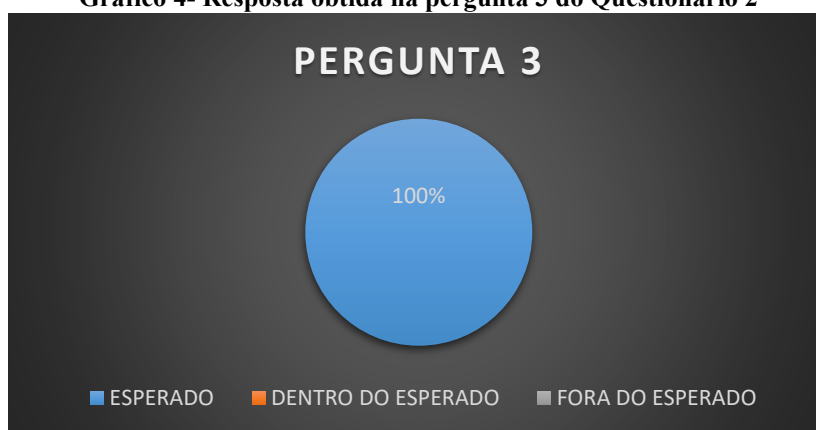
3. Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?

Porque os "pesados" são mais densos e os mais leves menos densos.

Fonte: Autor (2024)

Desta forma, os estudantes levaram em consideração a densidade dos cubos em suas respostas e todos responderam de forma esperada (Gráfico 4).

Gráfico 4- Resposta obtida na pergunta 3 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Finalmente na pergunta 4 do questionário 2, temos:

- Pergunta 4: Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?
- Resposta esperada para pergunta 4: *Porque os blocos que afundam são mais densos que a água e os blocos que flutuam são menos densos que a água. A densidade não depende apenas do tamanho ou volume do objeto, mas também de sua massa.*

Para esta pergunta, houve uma gama maior de explicações alguns foram extremamente precisos, como no exemplo na Figura 28 a seguir:

Figura 28 - Resposta de um estudante da pergunta 4 do Questionário 2

4. Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

Porque o tamanho não importa, é sim a densidade. Ex: uma pena é menos densa que um pequeno bloco de chumbo.

Fonte: Autor (2024)

Outros estudantes, mesmo em diálogo com os colegas, ainda fizeram a associação da massa com o fato de afundar ou não, como na Figura 29.

Figura 29- Resposta de um estudante da pergunta 4 do Questionário 2

4. Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

Por que os mais pesados tem mais massa do que os leves.

Fonte: Autor (2024)

Houve ainda um estudante, que embora não tivesse informação sobre o conceito formal acerca de densidade e de massa específica, observou que o fato de um grupo de blocos estarem preenchidos com ar, fazia com eles flutuassem (Figura 30).

Figura 30 - Resposta de um estudante da pergunta 4 do Questionário 2

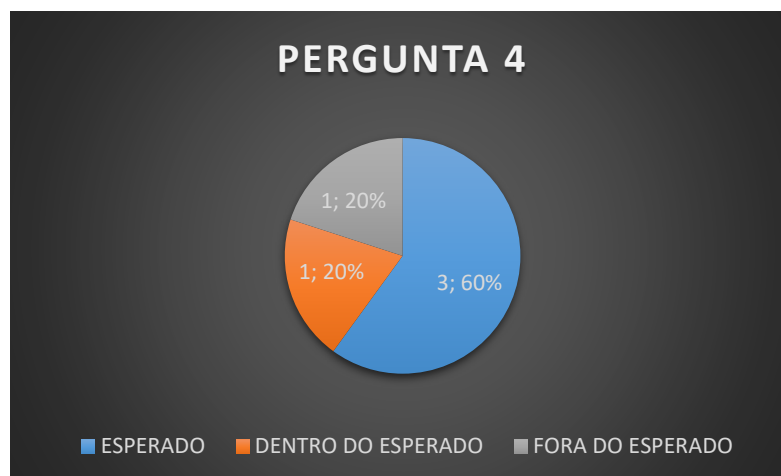
4. Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

Pois ~~os~~ os mais leves são preenchidos de ar.

Fonte: Autor (2024)

As respostas pertinentes às perguntas 4 do Questionário 2 geram então o seguinte Gráfico 5:

Gráfico 5- Resposta obtida na pergunta 4 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Partindo para a análise dos resultados obtidos no Questionário 3, que foi aplicado após as formalizações dos conceitos de densidade (d) e massa específica (μ) houve um satisfatório resultado no que tange a compreensão dos estudantes acerca dos conceitos citados. A observação dos resultados indica clara compreensão dos conceitos por parte dos estudantes.

Assim como exemplo mostrado na Figura 31, vários estudantes se aproximaram bastante dos valores reais da massa específica do material usado. Observou-se também que os alunos que preencheram a tabela 1 presente no questionário 1 obtiveram resultados mais próximos do esperado.

Figura 31- Resposta de um estudante da tabela 2 do Questionário 3

TABELA 2

	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
Bloco pequeno 1	4,4	7,683	0,572693
Bloco pequeno 2	9,7	7,527	1,288694
Bloco médio 1	11,5	26,4624	0,4345789
Bloco médio 2	30,4	25,84554	1,1955941
Bloco grande 1	22,6	60,85212	0,3713922
Bloco grande 2	72,7	60,23355	1,1970073

Fonte: Autor (2024)

Dando prosseguimento a aplicação do produto educacional, houve uma discussão entre eles para a resolução das perguntas do Questionário 3. A resposta das perguntas 1 e 2 do questionário 3 foram unânimes e corretas. Seguiram conforme apresentado na Figura 32.

Figura 32- Resposta de um estudante das perguntas 1 e 2 do Questionário 3

1. Marque os blocos em que além das densidades foram calculadas também as massas específicas.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☒ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☒ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☒ Bloco grande (mais pesado)

2. Marque os blocos em que foram calculadas apenas as densidades.

☒ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☒ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☒ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

Fonte: Autor (2024)

Uma das observações fornecidas pelos estudantes ajuda a representar o consenso que foi formado entre eles sobre os conceitos trabalhados. Esta resposta é demonstrada a seguir na Figura 33:

Figura 33- Observação registrada por um estudante no Questionário 3

Observações:

Os blocos mais leves não tem o mesmo material na interior, logo não é possível calcular a massa específica. Apenas a densidade. Já os blocos pesados como tem o mesmo material na interior é possível medir a massa específica e a densidade.

Fonte: Autor (2024)

Adentrando no caráter avaliativo, chegou o momento da aplicação do Questionário 4, que foi aplicado de forma individual. A seguir, temos as perguntas presentes no questionário citado bem como as respostas esperadas para elas.

- Pergunta 1: As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe) que suas massas são, nesta ordem 32,4g; 56g e 150, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm responda: Quais cubos são de mesmo material? Explique o porquê.

- Resposta esperada para pergunta 1: *Objetos maciços constituídos de um único material possuem a mesma massa específica. Os cubos A e C se enquadram nessa característica, portanto são constituídos do mesmo material.*

$$\mu_A = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{32,4}{27} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_B = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{56}{64} = 0,875 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_C = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{150}{125} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

- Pergunta 2: Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles que afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta).

- Resposta esperada para pergunta 2: *Os cubos A e C afundariam na água, pois a massa específica de ambos é maior que a massa específica da água, que é de 1g/cm³.*

A exemplo, pode-se observar uma resposta da primeira questão do Questionário 4 (Figura 34):

Figura 34- Resposta de um estudante da pergunta 1 do Questionário 4

QUESTIONÁRIO 4

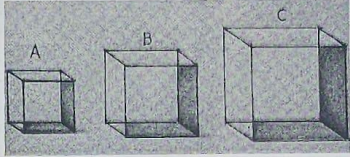
1. As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe), que suas massas são, nesta ordem 32,4g, 56g e 150g, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm, responda:

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

$\frac{32,4}{27} = 1,2$

$\frac{56}{64} = 0,875$

$\frac{150}{125} = 1,2$



Quais cubos são de mesmo material?

☐ A e B ☐ A, B e C
☒ A e C ☐ Nenhum dos cubos
☐ B e C

Explique o porquê.

*Pois, todos os cubos tem massa específica e
 é possível ter a mesma massa específica se forem o mes-
 mo material*

Fonte: Autor (2024)

Certamente, nem todas as respostas foram tão bem elaboradas como a presente na Figura 34, contudo todas elas convergiam para a explicação esperada. Elas indicavam que se dois objetos maciços compostos de um único material, possuiriam a mesma massa específica, os dois objetos seriam feitos do mesmo material.

Houve perceptível evolução da estruturação do conceito aplicado, como podemos fazer a comparação entre duas respostas às perguntas que são, de certa forma, equivalentes (Figura 35).

Figura 35- Resposta de um mesmo estudante da pergunta 4 do Questionário 2 e da pergunta 2 do Questionário 4

4. Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

*Por que os mais pequenos tem mais massa do que os
grandes.*

2. Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta certa).

☒ A ☒ C
☐ B ☐ Nenhum deles.

Explique o porquê.

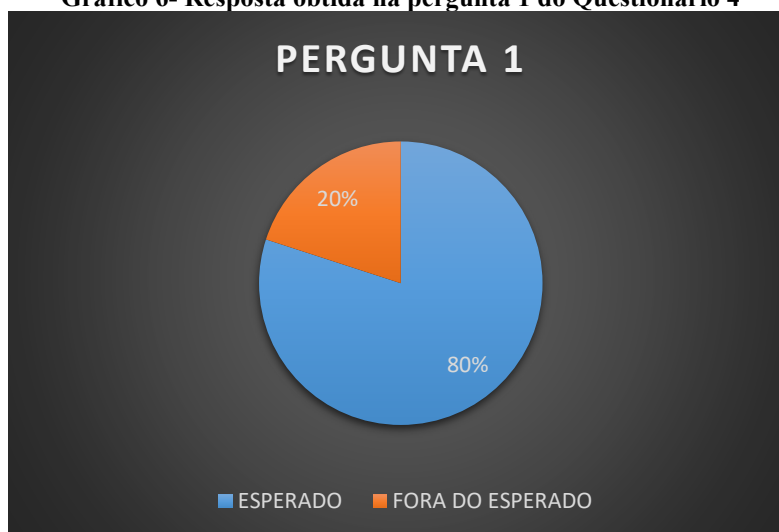
Porque eles são mais densos que a água, então vai afundar.

Fonte: Autor (2024)

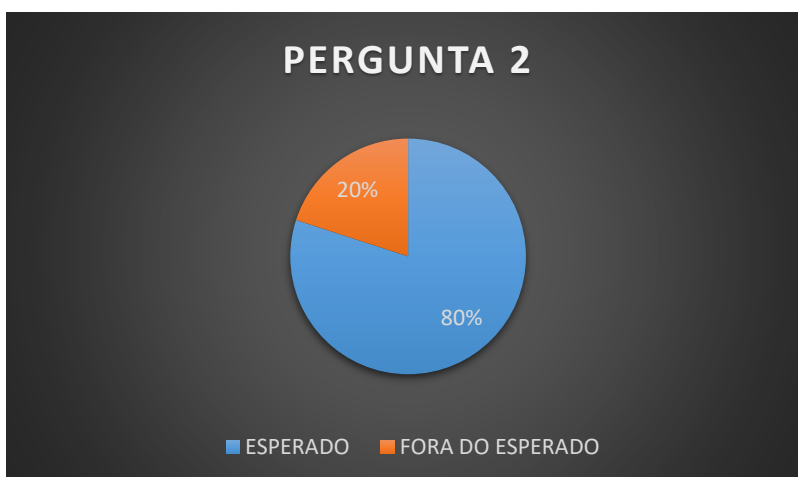
Quando alunos vivenciam uma aprendizagem significativa, observa-se que eles conseguem assimilar melhor os conceitos abordados. Os experimentos contribuem para aprimorar o conhecimento teórico as atividades experimentais permitem visualizar o que foi abordado na teoria. Observações como essas podem ser um indicativo que houve um processo de construção de conhecimento potencialmente significativo.

O índice de desempenho nas questões respondidas bem como a qualidade técnica das observações descritas pelos estudantes aparentou a aumentar significativamente após as atividades experimentais. Além disso, a maioria dos alunos demonstrou mais domínio sobre os conceitos, indicando uma maior segurança e compreensão.

Podemos então concluir a análise observando os resultados obtidos em relação ao Questionário 4, com as respostas da pergunta 1 (Gráfico 6) e da pergunta 2 (Gráfico 7).

Gráfico 6- Resposta obtida na pergunta 1 do Questionário 4

Fonte: Autor (2024)

Gráfico 7- Resposta obtida na pergunta 2 do Questionário 4

Fonte: Autor (2024)

Dessa forma, pode-se destacar que o índice de sucesso dos alunos que realizaram todas as etapas da aplicação do produto educacional mostrou-se bastante satisfatório, com 80% dos alunos apresentando as respostas esperadas para as perguntas apresentadas no Questionário 4, como avaliação final da atividade.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA TURMA DO 9º ANO EFAF

Pôde-se observar que, no grande grupo, a grande maioria dos alunos foi bem menos criteriosa no que diz respeito ao preenchimento da Tabela 1 do Questionário 1. Os alunos tiveram a tendência a repetir as medidas realizadas por seus pares. Uma parte significativa dos

estudantes fez a aproximação dos valores da medição. Raras foram as exceções de alunos que levam em consideração as medidas mais precisas, como podemos ver na Figura 36 a seguir:

Figura 36- Preenchimento da Tabela 1 feito por alguns alunos com maior precisão

	Aresta 1 (cm)	Aresta 2 (cm)	Aresta 3 (cm)	Volume (cm ³)
Bloco pequeno 1	2	2	2	8
Bloco pequeno 2	2	2	2	8
Bloco médio 1	3	3	3	27
Bloco médio 2	3	3	2,9	26,1
Bloco grande 1	4	3,9	3,9	60,84
Bloco grande 2	4	3,9	3,9	60,84

Fonte: Autor (2024)

Contudo, a grande maioria dos alunos fez o preenchimento da Tabela 1 fazendo as aproximações das medidas. Preenchendo tal tabela conforme a imagem presente na Figura 37:

Figura 37- Preenchimento da Tabela 1 feito pela grande maioria dos estudantes

	Aresta 1 (cm)	Aresta 2 (cm)	Aresta 3 (cm)	Volume (cm ³)
Bloco pequeno 1	2 cm	2 cm	2 cm	8 cm ³
Bloco pequeno 2	2 cm	2 cm	2 cm	8 cm ³
Bloco médio 1	3 cm	3 cm	3 cm	27 cm ³
Bloco médio 2	3 cm	3 cm	3 cm	27 cm ³
Bloco grande 1	4 cm	4 cm	4 cm	64 cm ³
Bloco grande 2	4 cm	4 cm	4 cm	64 cm ³

Fonte: Autor (2024)

Por consequência, a grande maioria dos estudantes obteve como medidas para os blocos pequenos, médios e grandes os volumes de 8 cm³, 27 cm³ e 64 cm³ respectivamente.

Foi interessante observar que, embora mais numerosos em relação aos alunos do 8º ANO do EFAI que foram discutidos anteriormente, os alunos do 9º ANO do EFAI precisaram de menos tempo para finalização do preenchimento da Tabela 1, o que pode ser certamente atribuído a menor cautela na realização das medições.

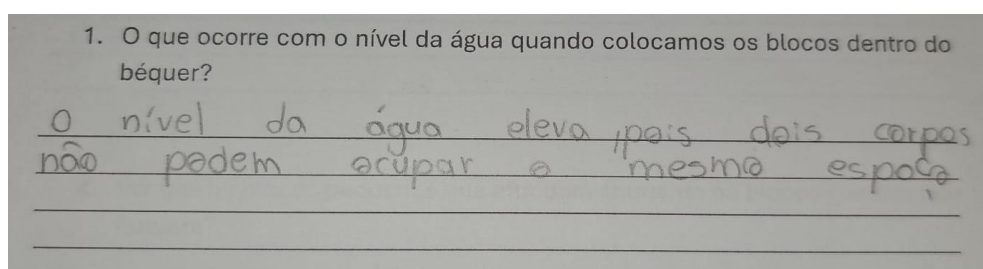
Em relação às respostas das perguntas 1 e 2 do questionário 1, tínhamos novamente as respostas esperadas:

- Pergunta 1: O que ocorre com o nível da água quando colocamos os blocos dentro do bquer?

- Resposta esperada para pergunta 1: *O nível da água sobe. / O nível da água sobe, mais para uns blocos que para outros.*

Aqui tivemos respostas variadas. Algumas convergiam completamente para a resposta esperada, como na Figura 38 a seguir.

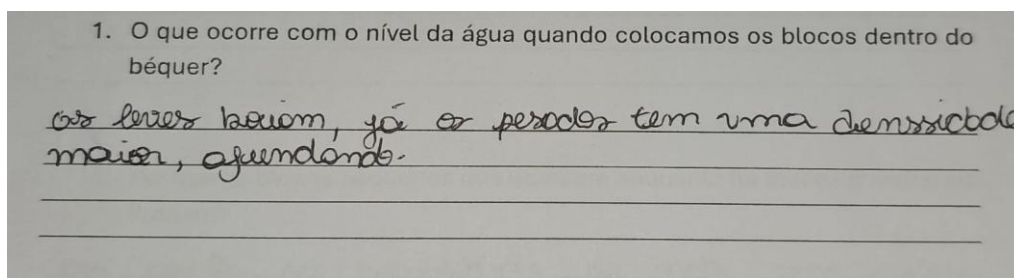
Figura 38- Aluno respondendo à pergunta 1 do Questionário 1 dentro do esperado



Fonte: Autor (2024)

Foi muito comum também observar uma confusão entre o conceito de massa e densidade. Alguns estudantes conheciam a palavra densidade sem entender exatamente o seu significado, gerando respostas como na Figura 39:

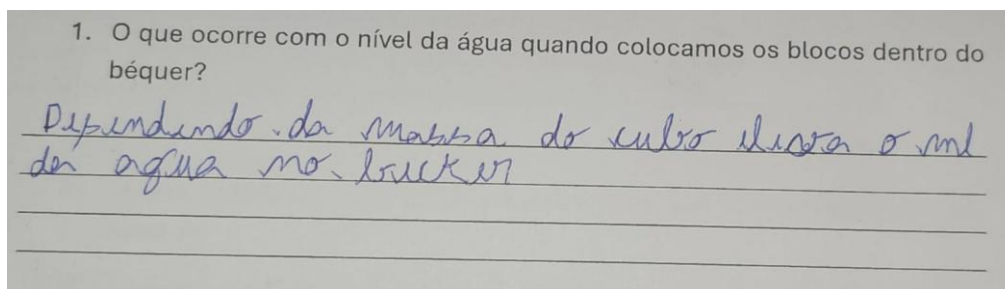
Figura 39 - Estudante respondendo a pergunta 1 do questionário 1, confundindo os conceitos de peso e densidade.



Fonte: Autor (2024)

Outras respostas, como a resposta do aluno a seguir, não estavam dentro dos parâmetros esperados para a observação, sendo feita pelo aluno a relação entre a massa e a elevação do volume no bquer, conforme podemos ver na Figura 40:

Figura 40- Resposta de um dos alunos da pergunta 1 do Questionário 1



Fonte: Autor (2024)

De uma maneira geral, os estudantes responderam que houve aumento do volume no béquer, indicando que a maioria deles de fato fez a observação.

Relembrando a pergunta 2 do questionário 1, tínhamos:

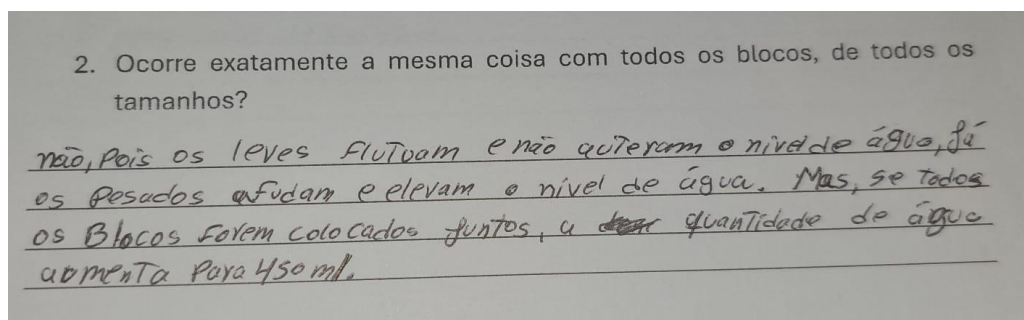
- Pergunta 2: Ocorre exatamente a mesma coisa com todos os blocos, de todos os tamanhos?

- Resposta esperada para pergunta 2: *Não, pois embora em todos os casos o nível da água suba, ele não sobe igualmente em todos os casos. Há também blocos que afundam e blocos que flutuam.*

Aqui também, a grande maioria dos estudantes convergiu para a resposta correta, indicando que não ocorria exatamente da mesma forma com todos os blocos. Nesta parte obtivemos alguns tipos de respostas.

O primeiro tipo foi a resposta mais próxima do correto, conforme podemos observar na Figura 41 a seguir:

Figura 41- resposta correta indicada por um estudante a pergunta 2 do Questionário 1

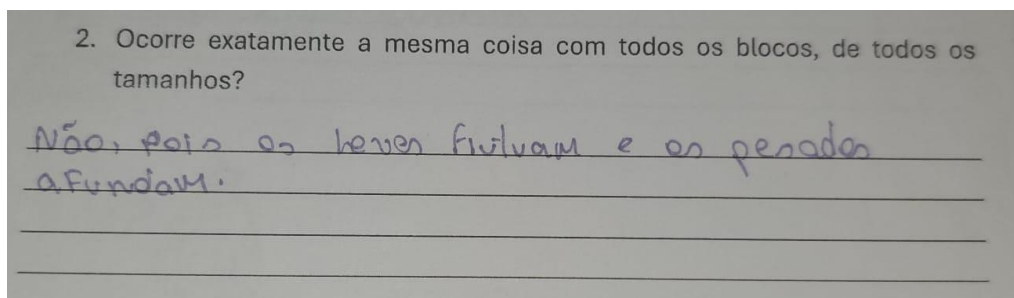


Fonte: Autor (2024)

Podemos observar que o estudante associa a massa do bloco com o fato do bloco afundar ou não. Esta associação foi feita pela maioria dos estudantes.

O segundo tipo de resposta foram aquelas mais diretas, que observavam apenas o fato de os blocos afundarem ou flutuarem, não levando em consideração o aumento do volume no béquer, como podemos observar na Figura 42:

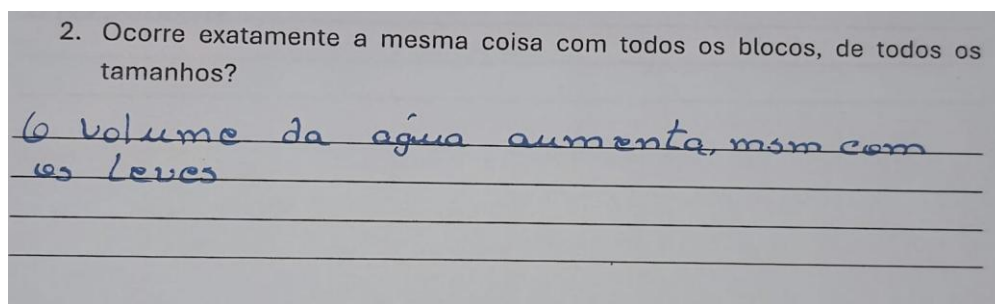
Figura 42- Resposta do estudante da pergunta 2 do Questionário 1, levando em consideração apenas a flutuabilidade



Fonte: Autor (2024)

Houveram também os estudantes que citaram apenas o aumento do nível da água, não falando sobre a flutuabilidade, como podemos ver na Figura 43 a seguir:

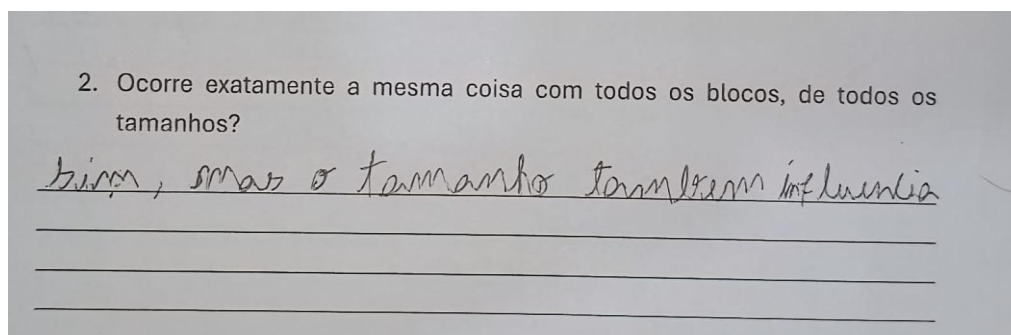
Figura 43 - Estudante respondendo a pergunta 2 do Questionário 1, citando apenas a diferença no nível da água



Fonte: Autor (2024)

Por fim, houve também aqueles que não levaram em consideração os diferentes resultados obtidos ao mergulhar cada um dos blocos no béquer, como podemos ver na Figura 44:

Figura 44- Estudante respondendo a pergunta 2 do Questionário 1, não observando a diferença entre os cubos

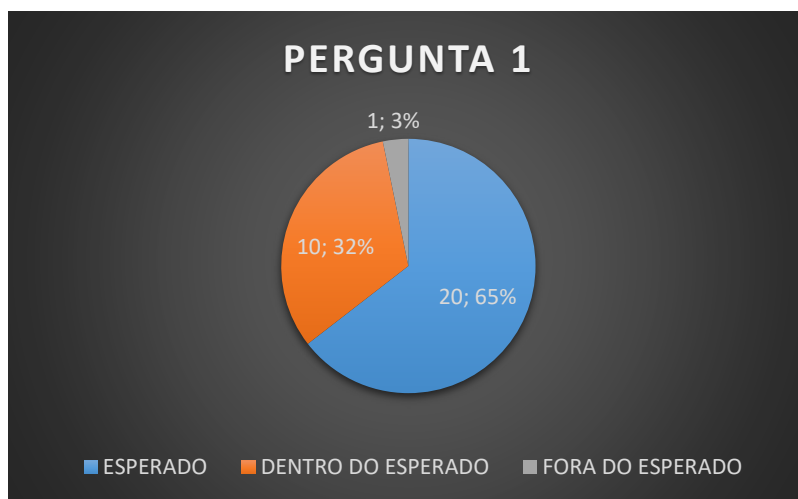


Fonte: Autor (2024)

De maneira geral pode-se observar que a grande maioria dos estudantes entenderam as perguntas 1 e 2 do Questionário 1 e as responderam de acordo com o esperado das

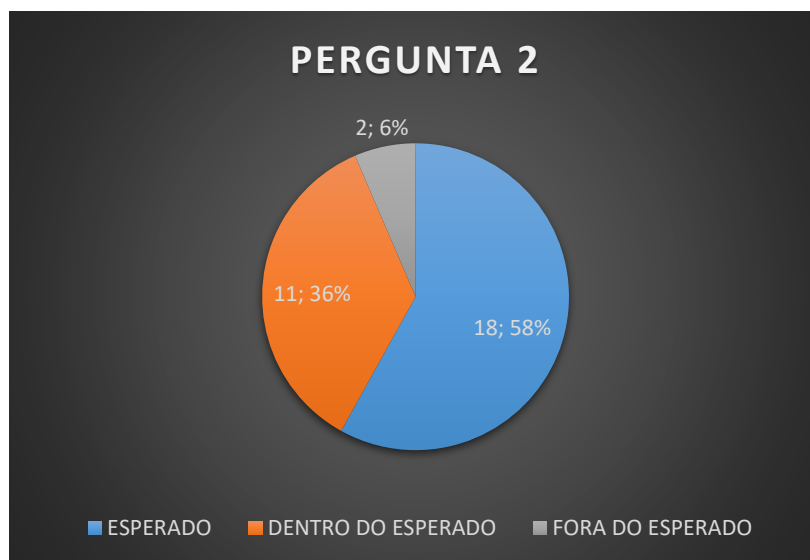
observações, como está ilustrado no Gráfico 8, referente a pergunta 1 e no Gráfico 9, referente a pergunta 2.

Gráfico 8- Respostas obtidas na pergunta 1 do Questionário 1



Fonte: Autor (2024)

Gráfico 9 - Respostas obtidas na pergunta 2 do Questionário 1



Fonte: Autor (2024)

Analisando então as perguntas do Questionário 2, houve a unanimidade nas respostas. Todo o preenchimento das perguntas 1 e 2 foram feitos de forma idêntica por todos os estudantes, como era esperado. As respostas foram de acordo com o que podemos observar na Figura 45 a seguir:

Figura 45- Estudante respondendo as perguntas 1 e 2 do Questionário 2

1. Marque os blocos que afundam.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☒ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☒ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☒ Bloco grande (mais pesado)

2. Marque os blocos que flutuam.

☒ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☒ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☒ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

Fonte: Autor (2024)

Para a pergunta 3 do Questionário 2 houveram muitas discussões entre os estudantes. Mais uma vez houveram muitos tipos de respostas. Relembrando a pergunta, tínhamos:

- Pergunta 3: Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?

- Resposta esperada para pergunta 3: *Porque uns são mais densos que a água, estes afundam, outros são menos densos que a água, estes flutuam.* Ou ainda: *Porque possuem densidades diferentes.*

Houve uma grande associação por parte dos estudantes com a massa do bloco e com o fato dele afundar ou não. Respostas como a da Figura 46 foram extremamente comuns e retratam bem o pensamento da maioria dos estudantes.

Figura 46- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2

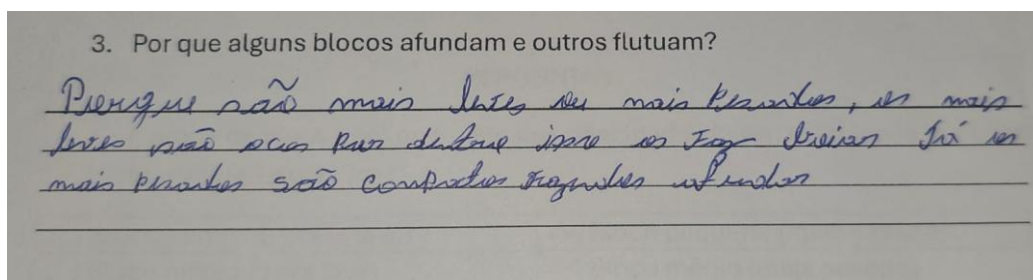
3. Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?

Por que a massa de um bloco pequeno tende a ser menor do que um bloco maior

Fonte: Autor 2024

Além dessa associação com a massa, também houve casos onde o estudante observou o fato de os blocos leves serem ocos, enquanto os pesados serem maciços, como podemos observar na Figura 47 a seguir:

Figura 47- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2

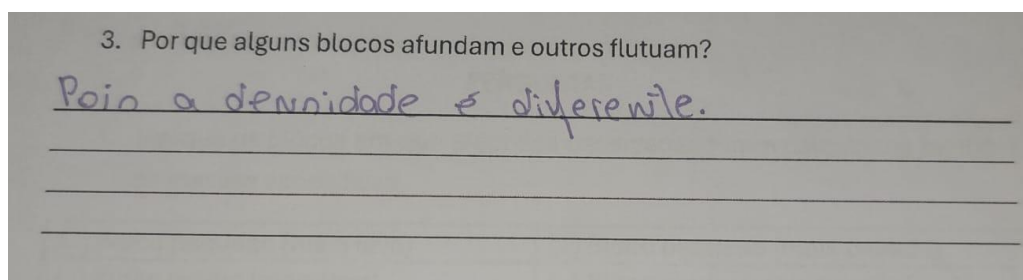


Fonte: Autor (2024)

Transcrevendo a resposta da imagem: “Porque são mais leves ou mais pesados, os mais leves são ocos por dentro isso os faz boiar Já os mais pesados são compactos fazendo afundar”

Outra resposta comum observava a diferença de densidade entre os corpos, mas sem especificar como isso afetava a flutuabilidade deles, como podemos observar na Figura 48 a seguir:

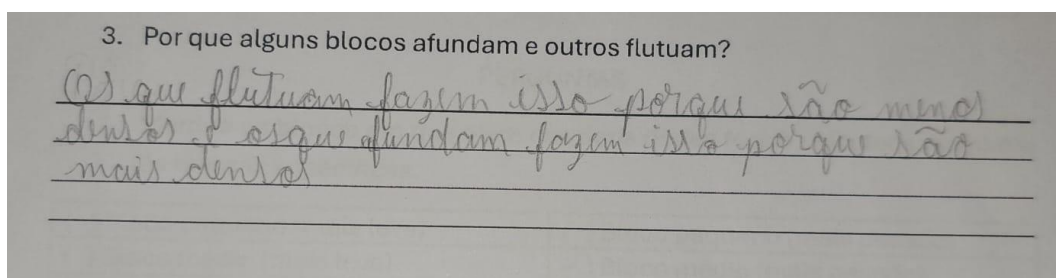
Figura 48- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Por fim, houve também os que se aproximaram muito da resposta correta, relacionando a flutuabilidade com as densidades. Podemos observar um exemplo destas respostas conforme a Figura 49 a seguir:

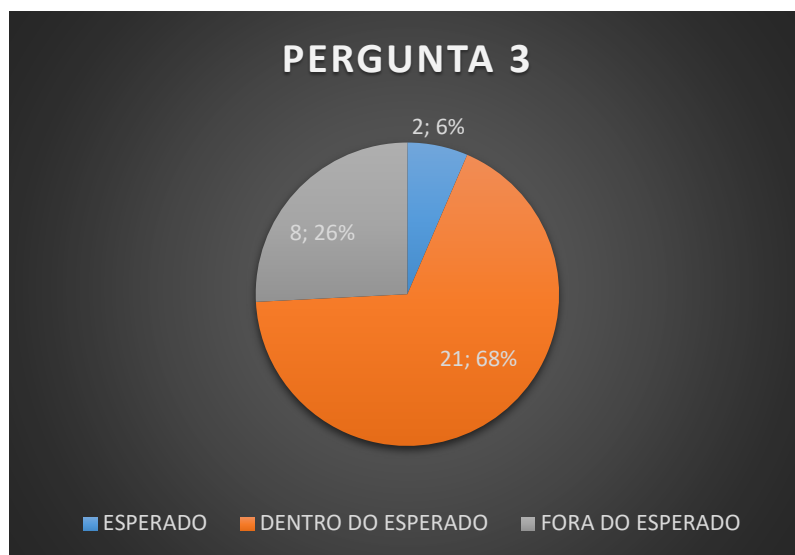
Figura 49- Estudante respondendo a pergunta 3 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Observamos então que, embora alguns alunos compreendessem um pouco acerca da fluabilidade dos corpos, poucos foram aqueles que puderam expressar esse conhecimento com precisão. Podemos analisar as respostas através do Gráfico 10 a seguir:

Gráfico 10 - Respostas obtidas na pergunta 3 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

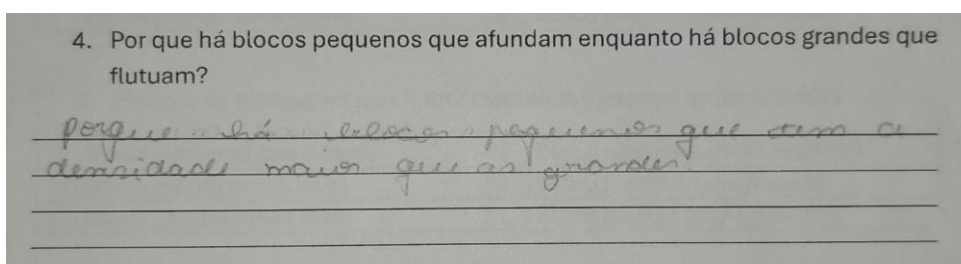
Para a última pergunta do Questionário 2, houveram também variadas respostas. Tínhamos a pergunta:

- Pergunta 4: Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

- Resposta esperada para pergunta 4: *Porque os blocos que afundam são mais densos que a água e os blocos que flutuam são menos densos que a água. A densidade não depende apenas do tamanho ou volume do objeto, mas também de sua massa.*

Uma das que chamaram atenção por convergir com a resposta correta é mostrada na Figura 50 a seguir.

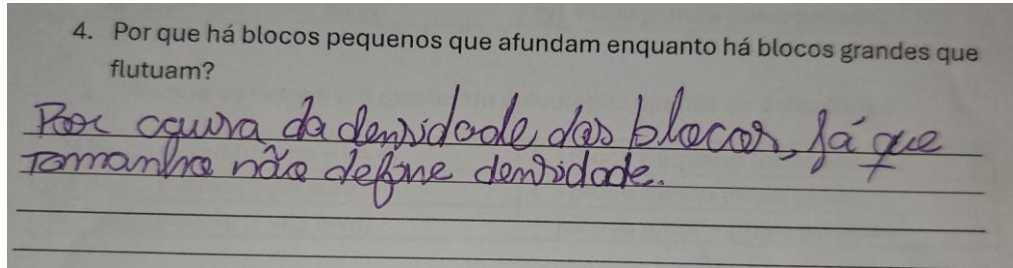
Figura 50- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Outro estudante fez relação parecida ao falar sobre o tamanho e a densidade os objetos, conforme podemos ver na Figura 51 a seguir:

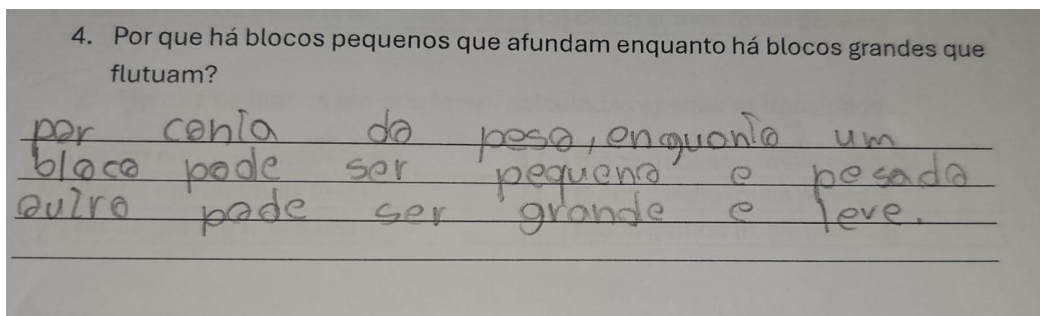
Figura 51- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Houveram também estudantes que, embora não citassem o conceito de densidade, expressaram da sua maneira que algumas coisas podem “ser pequenas e pesadas” enquanto outras podem ser “grande e leve” (Figura 52).

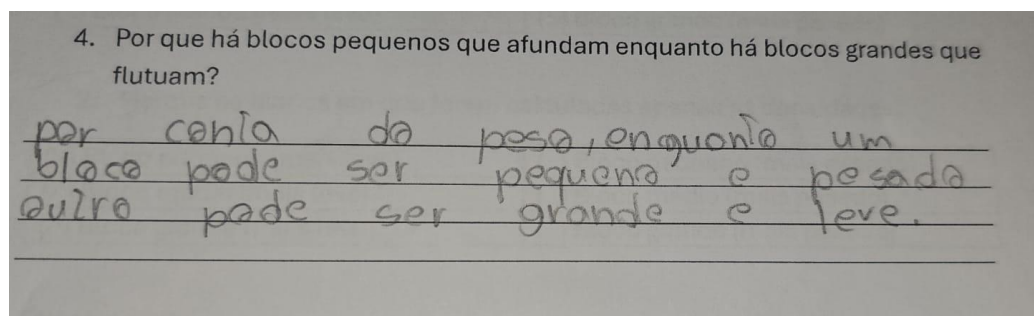
Figura 52- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

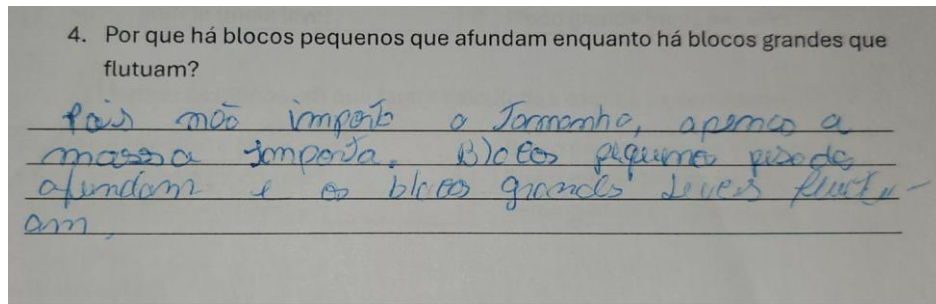
Entretanto uma parte significativa dos estudantes relacionou o fato dos objetos afundarem ou não com apenas com a massa (Figura 53 e 54).

Figura 53- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

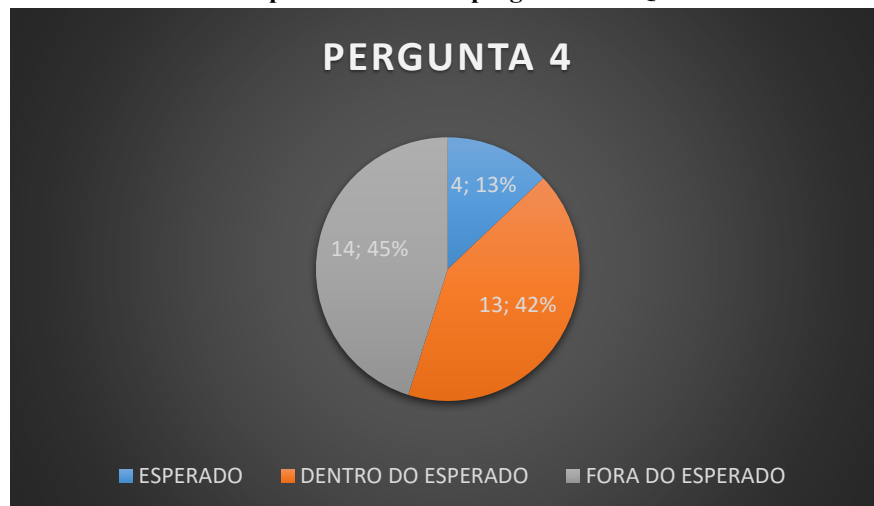
Figura 54- Estudante respondendo a pergunta 4 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

De maneira geral podemos analisar as respostas obtidas na pergunta 4 do Questionário 2, de acordo com o Gráfico 11 a seguir:

Gráfico 11- Respostas obtidas na pergunta 4 do Questionário 2



Fonte: Autor (2024)

Seguindo com as análises, após a formalização dos conceitos propostos, foi realizada a aplicação do Questionário 3. O questionário inicia-se com o preenchimento da Tabela 2.

Em alguns casos, como o da Figura 55 a seguir, os estudantes usaram valores exatos para as dimensões dos blocos, no entanto, os resultados obtidos ainda sim mostraram valores próximos ao de valores medidos com mais acurácia.

Figura 55- Preenchimento da Tabela 2 feito por um dos estudantes

TABELA 2

	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
Bloco pequeno 1	4,3 g	8 cm ³	0,5375 g/cm ³
Bloco pequeno 2	10,0 g	8 cm ³	1,25 g/cm ³
Bloco médio 1	8,2	27 cm ³	0,3037 g/cm ³
Bloco médio 2	33,5	27 cm ³	1,240 g/cm ³
Bloco grande 1	23,4	64 cm ³	0,366 g/cm ³
Bloco grande 2	73,8	64 cm ³	1,153125 g/cm ³

Fonte: Autor (2024)

Já outros estudantes buscaram um pouco mais de exatidão em suas medidas, como podemos ver na Figura 56 a seguir:

Figura 56- Preenchimento da Tabela 2 feito por um dos estudantes

TABELA 2

	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
Bloco pequeno 1	4,3	8	0,54
Bloco pequeno 2	9,6	8	1,2
Bloco médio 1	11,4	27	0,42
Bloco médio 2	30,8	26,1	1,18
Bloco grande 1	22,2	60,84	0,36
Bloco grande 2	72,4	60,84	1,19

Fonte: Autor (2024)

Além disto, houveram alguns estudantes que reforçaram os conceitos escrevendo no espaço destinado as observações, como podemos ver nas Figuras 57 e 58 a seguir:

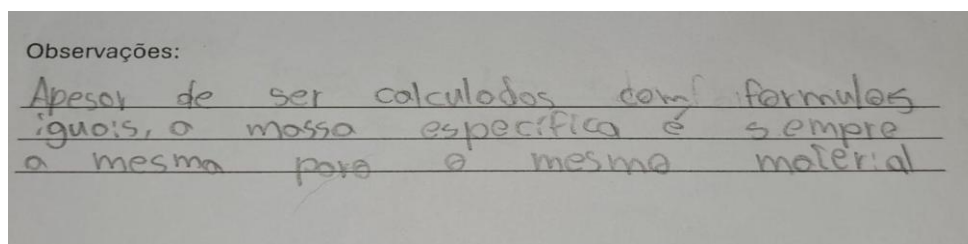
Figura 57- Observações de um estudante sobre o cálculo da densidade e da massa específica

Observações:

massas específicas nos são pedidas
e a densidade ao mais leve.

Fonte: Autor (2024)

Figura 58- Observações de um estudante sobre o cálculo da densidade e da massa específica



Fonte: Autor (2024)

Em relação às perguntas aplicadas neste questionário, os estudantes de forma quase unânime indicaram as alternativas conforme podemos observar na figura 59 a seguir:

Figura 59- Estudante respondendo às perguntas 1 e 2 do Questionário 3

1. Marque os blocos em que além das densidades foram calculadas também as massas específicas.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☒ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☒ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☒ Bloco grande (mais pesado)

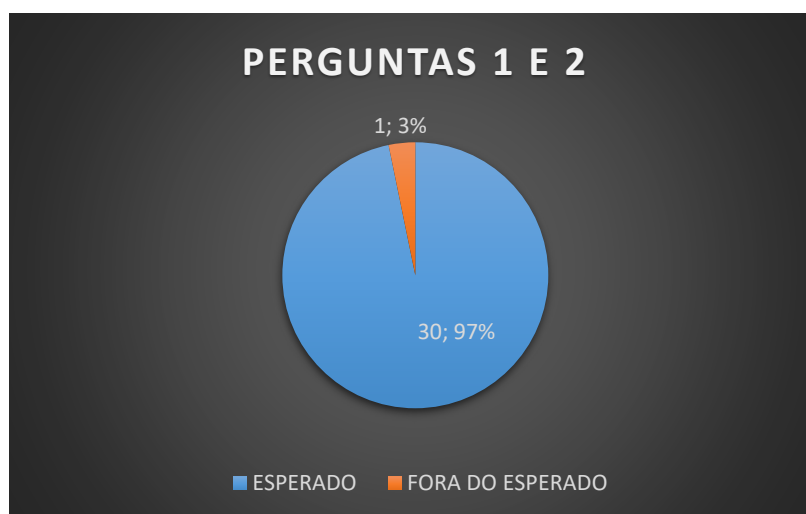
2. Marque os blocos em que foram calculadas apenas as densidades.

☒ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☒ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☒ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

Fonte: Autor (2024)

Para a taxa de acerto das perguntas 1 e 2 presentes no Questionário 3, podemos observá-las a partir do Gráfico 12 a seguir:

Gráfico 12- Respostas obtidas nas perguntas 1 e 2 do Questionário 3



Fonte: Autor (2024)

Partindo para aplicação do último questionário, que possuía caráter de avaliação. Neste questionário haviam duas perguntas que deveriam ser respondidas pelos estudantes.

- Pergunta 1: As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe) que suas massas são, nesta ordem 32,4g; 56g e 150, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm responda: Quais cubos são de mesmo material? Explique o porquê.

- Resposta esperada para pergunta 1: *Objetos maciços constituídos de um único material possuem a mesma massa específica. Os cubos A e C se enquadram nessa característica, portanto são constituídos do mesmo material.*

$$\mu_A = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{32,4}{27} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_B = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{56}{64} = 0,875 \text{ g/cm}^3$$

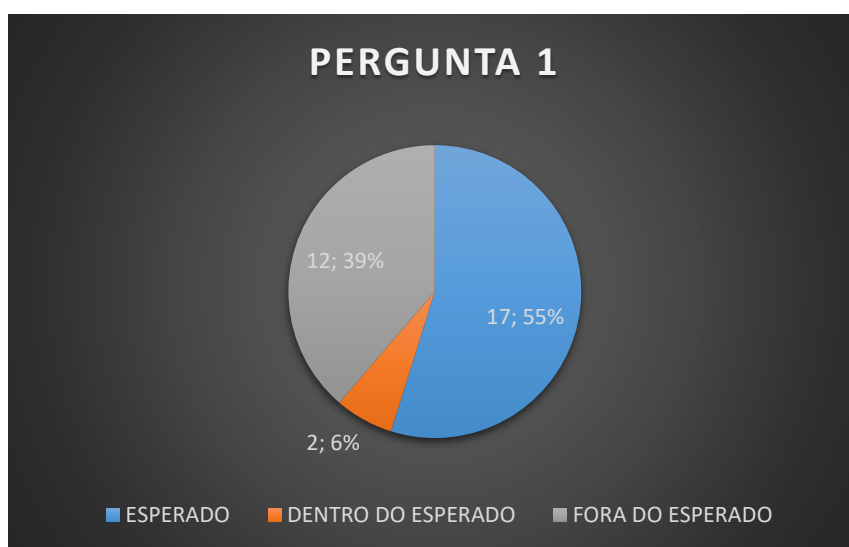
$$\mu_C = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{150}{125} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

- Pergunta 2: Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles que afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta).

- Resposta esperada para pergunta 2: *Os cubos A e C afundariam na água, pois a massa específica de ambos é maior que a massa específica da água, que é de 1g/cm³.*

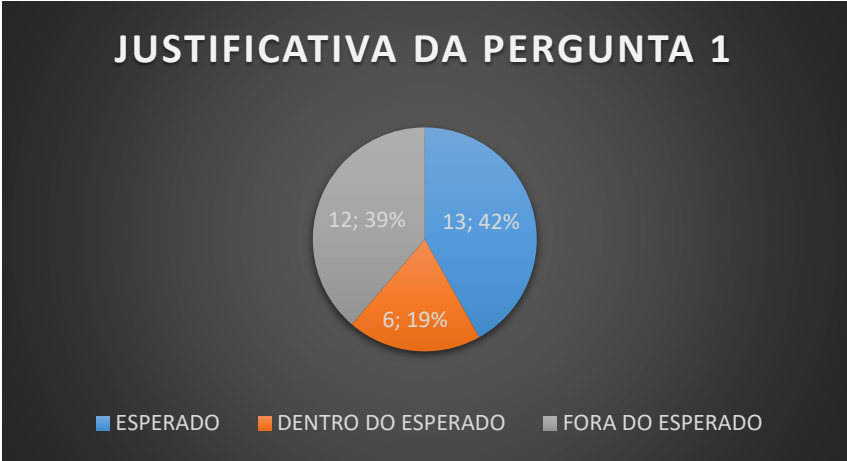
Nesta turma, embora a taxa de acerto não seja tão alta como na aplicação com o grupo anterior, dados positivos puderam ser extraídos, conforme podemos ver nos gráficos que sucedem (Gráficos 13, 14, 15 e 16).

Gráfico 13- Respostas obtidas na pergunta 1 do Questionário 4



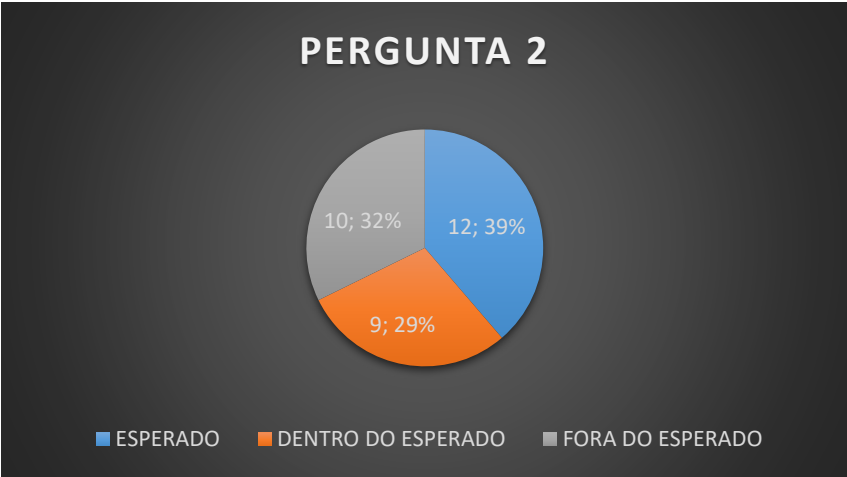
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 14- Respostas obtidas na pergunta 1 do Questionário 4



Fonte: Autor (2024)

Gráfico 15- Respostas obtidas na pergunta 2 do Questionário 4



Fonte: Autor (2024)

Gráfico 16- Respostas obtidas na pergunta 2 do Questionário 4



Fonte: Autor (2024)

É muito importante que, além da análise “fria” dos números, o professor se atente nas motivações que podem conduzir os estudantes ao erro. Foi muito recorrente, por exemplo, estudantes que erraram o cálculo matemático da massa específica no momento de realizar a divisão.

Alguns estudantes possuíam então a correção de sua questão como errada, contudo, no momento de se analisar as justificativas percebe-se que ele entendeu o que era necessário, entendeu o fenômeno físico, como podemos observar na resposta de um estudante presente na Figura 60.

Figura 60- Resposta de um estudante que errou a questão 1 do Questionário 4, contudo, aparenta ter compreendido o conceito físico da massa específica

Quais cubos são de mesmo material?

☐ A e B	☐ A, B e C
☐ A e C	☒ Nenhum dos cubos
☐ B e C	

Explique o porquê.

porque a massa específica é diferente

Fonte: Autor (2024)

Nota-se que ao estudante justificar “porque a massa específica é diferente” para o fato dos blocos A, B e C serem diferentes, o estudante demonstra entender que caso eles fossem compostos do mesmo material, suas massas específicas seriam iguais, contudo, matematicamente esse não foi o resultado obtido por ele.

Esta situação se repetiu em outros casos, com erros semelhantes, como podemos reforçar com outra justificativa semelhante dada por outro estudante (Figura 61).

Figura 61- Resposta de outro estudante que errou a questão 1 do questionário 4, contudo, aparenta ter compreendido o conceito físico da massa específica

Quais cubos são de mesmo material?

☐ A e B	☐ A, B e C
☐ A e C	☒ Nenhum dos cubos
☐ B e C	

Explique o porquê.

Porque se eles fossem do mesmo material teriam a mesma massa específica.

Fonte: Autor (2024)

Isto é importante, pois indica que uma das intervenções que devem ser feitas com a turma é no sentido de reforçar a resolução de operações matemáticas básicas, não sendo necessariamente um problema com os conceitos físicos.

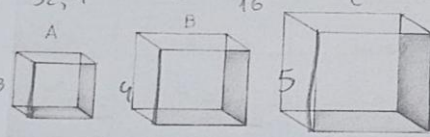
É claro que houve estudantes que lograram êxito completo na resolução da questão, como podemos observar a resposta na Figura 62 a seguir:

Figura 62- Estudante respondendo corretamente à pergunta 1 e sua justificativa no Questionário 4

1. As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe) que suas massas são, nesta ordem 32,4g ; 56g e 150, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm responda:

$\text{cubo A} = 1,2$
 $\text{cubo B} = 0,875$
 $\text{cubo C} = 1,2$

$32,4 \overline{) 108} \quad 32,4 \quad 56 \overline{) 14} \quad 150 \overline{) 30}$
 $\begin{array}{r} 3 \overline{) 32,4} \\ 3 \overline{) 32} \\ \hline 4 \end{array} \quad \begin{array}{r} 5 \overline{) 25} \\ 5 \overline{) 25} \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 4 \overline{) 16} \\ 4 \overline{) 16} \\ \hline 0 \end{array}$



Quais cubos são de mesmo material?

☐ A e B	☐ A, B e C
☒ A e C	☐ Nenhum dos cubos
☐ B e C	

Explique o porquê.

Porque eles tem a mesma massa específica.

Fonte: Autor (2024)

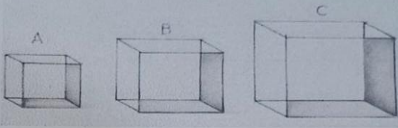
Assim como na pergunta 1 do Questionário 4, na pergunta 2 do mesmo questionário, houve estudantes que compreenderam o conceito, mas erraram a questão, por distração ou outro motivo, como é o caso da resposta indicada pelo estudante na Figura 63 a seguir:

Figura 63- Estudante que errou a questão 2 do Questionário 4, contudo, aparenta ter compreendido o conceito da fluabilidade

QUESTIONÁRIO 4

1. As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe) que suas massas são, nesta ordem 32,4g ; 56g e 150, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm responda:

$C:A = 1,2$
 $C:B = 0,877$
 $C:C = 1,2$



Quais cubos são de mesmo material?

☐ A e B	☐ A, B e C
☒ A e C	☐ Nenhum dos cubos
☐ B e C	

Explique o porquê.

Por que tem a mesma massa

2. Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles que afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta).

☐ A	☒ C
☒ B	☐ Nenhum deles.

Explique o porquê.

Bis possui mais densidade do que a água

Fonte:

Autor (2024)

Percebe-se que, o estudante calculou as massas específicas de forma esperada, concluiu que os blocos são de mesmo material, pois possuem a mesma massa (específica).

O estudante também compreende que os blocos que afundam são aqueles que possuem maior densidade que a água, contudo, em sua resposta à pergunta 2 do Questionário 4, ele indicou que o bloco B (e não o bloco A) afundaria, indicando uma simples e provável falta de atenção no momento de marcar a alternativa.

É importante reforçar que a turma na qual o presente teste foi aplicado não é uma turma onde o aplicador do teste era professor recorrente, de forma que dificulta a identificar as individualidades de cada aluno.

Por fim, uma parte significativa da turma também obteve êxito na resposta da questão 2 e sua justificativa do Questionário 4, como podemos observar na Figura 64 a seguir:

Figura 64- Estudante respondendo corretamente a pergunta 2 e sua justificativa do Questionário 4

2. Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles que afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta).

☒ A	☒ C
☐ B	☐ Nenhum deles.

Explique o porquê.

Pois o bloco B tem a densidade menor que da água, então ele flutua.

Fonte: Autor (2024)

Os resultados observados, especialmente a evolução nas respostas dos estudantes ao longo dos questionários, fornecem evidências da construção de uma Aprendizagem Significativa Crítica (ASC), conforme os princípios teóricos que nortearam este trabalho.

O princípio do conhecimento prévio foi ativado desde a segunda fase, quando os alunos discutiram suas percepções iniciais, muitas vezes associando a flutuabilidade apenas à massa ou ao "peso" dos objetos. A metodologia da SEI promoveu intensamente o princípio da interação social e do questionamento, pois os estudantes foram constantemente incentivados a comparar seus dados e debater suas conclusões em grupo, o que se mostrou fundamental para a superação das ideias iniciais.

Além disso, a análise das justificativas no Questionário 4 exemplifica o princípio da aprendizagem pelo erro: mesmo quando os cálculos matemáticos estavam incorretos, muitos alunos demonstraram um entendimento correto do conceito físico de massa específica, indicando um processo de aprendizado que transcende a mera memorização de fórmulas. Essa evolução demonstra que, ao dar protagonismo aos estudantes e permitir que eles "falassem" por meio de suas ações e justificativas, o processo de ensino se alinhou ao princípio do abandono da narrativa, tornando a aquisição do conhecimento uma construção ativa e não uma recepção passiva.

A flutuabilidade dos corpos é muitas vezes associada de forma intuitiva apenas ao peso ou ao volume. Contudo, ao longo do processo de implementação desta SEI, os estudantes começaram a associar corretamente o fenômeno da flutuabilidade à densidade do corpo em relação à densidade do fluido em que está imerso, neste caso, a água.

Percebe-se uma evolução notável na compreensão de que não é apenas o quão "pesado" ou "grande" um objeto é que determina se ele flutua ou afunda, mas sim a relação entre sua massa e seu volume (ou seja, sua densidade) comparada à densidade da água. Os

experimentos práticos permitiram que visualizassem concretamente que um objeto menos denso que a água flutuará, enquanto um mais denso afundará. Essa associação correta da flutuabilidade com a densidade representa um avanço significativo na construção de um conhecimento mais preciso e fundamentado em hidrostática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscar aprimorar métodos de ensino é sempre uma tarefa árdua e não linear. Ela sempre encontrará obstáculos que podem ser contornados buscando compreender os contextos nas quais elas estão inseridas.

A experiência de pesquisa e os resultados obtidos neste trabalho oferecem valiosas lições e aprendizagens que não se resumem a mera apresentação de dados, configurando-se como proposições didáticas para o enfrentamento das persistentes dificuldades na aprendizagem de Ciências Naturais, que ocorrem por uma gama infindável de motivos.

Uma das principais contribuições presentes neste trabalho reside na demonstração do potencial da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) para promover uma aprendizagem significativa. A adoção de uma abordagem investigativa, aliada ao uso de atividades experimentais, revelou-se um catalisador para a mudança na percepção dos alunos e na construção de conceitos. Professores que se deparam com a passividade discente ou a memorização sem compreensão podem encontrar na SEI um caminho para engajar os estudantes ativamente.

Especificamente para a hidrostática, a pesquisa aponta a importância de desmistificar conceitos-chave como densidade e massa específica através da manipulação e da observação. A dificuldade inicial dos alunos em associar corretamente a flutuabilidade dos corpos à densidade em relação à densidade da água é um desafio comum. Nossas descobertas sugerem que a proposição de experimentos acessíveis, com materiais do cotidiano, não só facilita a compreensão desses conceitos abstratos, mas também permite que o aluno visualize e contextualize o fenômeno, além de possibilitar que esse conhecimento seja a base para a construção sólida de futuros conhecimentos.

Estar próximo aos alunos, principalmente em turmas numerosas pode ser extremamente desafiador e exaustivo, mas certamente foi extremamente importante essa proximidade para mater os grupos engajados e coesos no desenvolvimento da atividade. Abrir margem para discussão e tornar o ambiente seguro para dúvidas e para vocalização de ideias, ainda que equivocadas, é essencial para que o trabalho se mantenha fluido.

A realização deste trabalho mostrou que é possível manter um grupo de alunos, seja ele pequeno ou grande, engajado em uma atividade, desde que esta faça sentido e motive os estudantes que estão participando da mesma.

O primeiro ponto que é de extrema importância, e que para este autor foi o mais curioso de observar é de que, mesmo respostas que são consideradas erradas, podem ter sentido físico correto, mediante o contexto. Uma resposta apresentada numericamente errada não implica necessariamente na não compreensão de contextos físicos. O contrário, porém, é bem mais incomum de ocorrer, não sendo verificado neste trabalho.

Pudemos observar que de fato, o kit experimental de hidrostática para alunos do ensino fundamental II, teve um baixo custo de aquisição, bem como não apresentou uma barreira de uso no que

tange a capacidade manipulação do kit por parte dos estudantes. O kit então mostra-se aplicável de forma satisfatória com os grupos aplicados e demonstra grande potencial de aplicação para alunos de anos anteriores (6º e 7º ano do ensino fundamental anos iniciais).

Durante a aplicação do kit os alunos se mantiveram curiosos em relação a manipulação do kit. Eles exploraram as possibilidades, demandando inclusive o reforço por parte do professor para que eles se mantivessem focados nas atividades principais desta aplicação. Com este tipo de observação, percebe-se que o kit, se aplicado de forma “livre” abre margem para outras observações além das propostas pelo autor.

Contudo, a aplicação desta SEI em grupos menores demonstrou ter mais potencial que a aplicação com grandes grupos. Uma sugestão de aplicação dá-se de maneira que o professor trabalhe com grupos menores, cerca de 5 alunos em cada grupo e até 4 grupos simultâneos, caso possível. Isto possibilitará ao professor estar mais acessível aos alunos, que cada aluno tenha mais oportunidades de participação e que as discussões entre eles sejam mais organizadas e significativas.

No mais, o professor deve estar atento as possibilidades de utilização do kit como ferramenta didática a ser utilizada de forma versátil e não necessariamente engessada a forma na qual foi aplicada no presente trabalho. Há várias possibilidades de uso que podem ser exploradas, como cálculo do peso aparente dos blocos quando imersos, ou ainda, o cálculo do volume imerso em água dos blocos que flutuam, são possibilidades que podem ser exploradas ao se utilizar o kit em turmas do Ensino Médio.

No que tange a compreensão dos conceitos, como já observado anteriormente, não apenas respostas corretas indicam sua compreensão, entretanto, no grupo do 8ºano, 80% dos estudantes mostraram compreender a diferença entre massa específica, densidade e mostraram-se capazes de realizar os cálculos da massa específica. Para o 9º ano, este número foi de mais de 60%, estas porcentagens são referentes aos acertos presentes na pergunta 1 do questionário 4. Embora o desejado sempre seja que todos os alunos alcancem a plena compreensão dos temas abordados, o resultado parece positivo, levando em consideração os vários fatores da aplicação, como o professor/aplicador não ser professor efetivo da turma, ou ainda a aplicação ocorrer em apenas duas aulas.

Foi muito perceptível para este autor que, em um grupo menor, cada um dos estudantes pode manipular os kits de forma mais “curiosa”, podendo realizar mais testes e, de certa forma, brincar com os kits. Através da observação prática, considero que um grupo máximo de seis estudantes, possivelmente seria mais ideal para aplicação do kit e realização dos procedimentos avaliativos.

Por fim, mediante a evolução das respostas presentes nos questionários aplicados, este autor entende que uma parte muito relevante dos estudantes conseguiu compreender e assimilar de forma significativa os conteúdos explorados por este trabalho.

Houve também muitos feedbacks positivos em relação ao presente trabalho por parte dos alunos que participaram da realização. Muitos destes estudantes mostraram interesse em saber qual a conclusão este trabalho chegou. Mostrando que este trabalho, de alguma forma, despertou o interesse de uma maneira geral.

Os objetivos delineados para este trabalho foram atingidos de maneira satisfatória, evidenciando um bom desenvolvimento dos conceitos. O objetivo geral de desenvolver uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) sobre conceitos básicos de hidrostática para o Ensino Fundamental II, com foco na aprendizagem crítica, obteve resultados promissores. A SEI criada demonstrou ter um bom grau de eficácia no que diz respeito a promoção de uma abordagem mais investigativa e participativa.

Quanto aos objetivos específicos, o procedimento experimental proposto se mostrou acessível e de fácil aplicação, utilizando materiais facilmente adquiríveis, o que favoreceu a relação entre densidade e massa específica de forma prática. A implementação desse procedimento em sala de aula permitiu a exploração da aprendizagem ativa, incentivando os estudantes a construir seu próprio conhecimento sobre a relação entre os conceitos. A análise da SEI revelou sua capacidade de promover uma compreensão ativa da diferença entre densidade e massa específica, com um notável protagonismo estudantil. Finalmente, a aplicação de questionários apontou uma relevante construção de conhecimento pelos alunos após a implementação do produto educacional, indicando o potencial da proposta em termos de resultados de aprendizagem.

Segue-se então, como sugestão de futuras explorações acerca dos temas abordados que novos testes utilizando o kit possam ser aplicados com os estudantes ao longo do tempo para que se possa aprofundar a compreensão dos estudantes bem como verificar a eficácia da aplicação do kit no que diz respeito a uma construção de um conhecimento significativo através desta sequência de ensino por investigação.

É com imenso entusiasmo que observo os resultados alcançados por esta pesquisa. A satisfação de ver que a proposta didática utilizando atividades experimentais e com a aplicação da SEI, realmente se traduziu em uma melhor assimilação dos conceitos pelos alunos é profundamente gratificante.

O fato de os experimentos não só aprimorarem o conhecimento teórico, mas também permitirem aos estudantes visualizar a teoria e relacioná-la com o cotidiano é um indicativo claro do impacto positivo da metodologia. A percepção de que a pesquisa contribuiu para aumentar a motivação, o entrosamento e a participação ativa dos alunos em sala de aula, além de estimular o diálogo e a busca por esclarecimento de dúvidas, válida a escolha do caminho metodológico.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, V. C.; BREITSCHAFT, A. M. S. Um aparato experimental para o estudo do princípio de Arquimedes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 115-122, 2006.
- BODEVAN, J. A. S.; COELHO, G. R. Ensino por investigação, centro de ciências, práticas científicas e epistêmicas: análise de uma intervenção pedagógica. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, 40(1), 8–32, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/82777>. Acesso em: 20 set. 2024.
- BRAND, J.; LANSIGAN, R. K.; THOMAS, N.; EMOND, J.; GILBERT-DIAMOND, D. **Completing a sustained attention task is associated with decreased distractibility and increased task performance among adolescents with low levels of media multitasking**. *Frontiers in Psychology*, v. 12, art. 804931, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8859153/>. Acesso em: 11 fev. 2025
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 10 de out. 2023.
- BUDIARTI, Ni Luh Putu Dewi; SUSMININGSIH, Dyah. **Scrolling and sustained attention: how social media influence sustained attention of high school students**. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 271–280, 2023. Disponível em: <https://www.shodhkosh.com/education/article/view/29190>. Acesso em: 11 fev. 2025.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições de implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 18(3), 765–794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 26 out. 2023.
- CID, A. S. et al. Proposta de sequência didática para hidrostática: aprendizagem ativa em destaque no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 162–185, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/73263>. Acesso em: 15 fev. 2025.
- EDELSTEIN, M. L.; PERIA, C.; RICCI, P. S.; FERNANDEZ, C.; HOCHGREB-HAEGELE, T. Flutua ou afunda? Práticas de ciências em uma sequência didática para o quinto ano do ensino fundamental. **Revista do Professor de Física**, v.8, n.2, p. 101-118, Brasília, 2024. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/47529>. Acesso em: 20 set. 2024.
- ERTHAL, J. P. C.; GAMA, A. C. Uma Proposta para o Ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos: Um exemplo pautado nos conteúdos de Hidrostática. **Revista Eletrônica**

Sala de Aula em Foco, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 57–68, 2021. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/945>.. Acesso em: 16 fev. 2025.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**, Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, suppl. 1, e20200451, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhQLy/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. 2. Ed. São Paulo: E.P.U., 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica: Fluidos, oscilações e Ondas, Calor (Volume 2)**. 5 ed. São Paulo: E. Blucher, 2014.

PIMENTA, Gladston Francisco Paolucci. **Proposta para ensino experimental de hidrostática**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/8210>. Acesso em: 15 fev. 2025.

PORTUGAL, Adriana Farias; DE SOUZA, Júlio César Pinto. O impacto das redes sociais na saúde mental das crianças e adolescentes: um estudo de revisão da literatura. **Revista Ensino de Ciências e Humanidades – Cidadania, Diversidade e Bem Estar (RECH)**, v. 4, n. 2, p. 262–291, jul./dez. 2020. Acesso em: 11 fev. 2025.

PRAXEDES, J. M. O. O estudo da Física no Ensino Fundamental II: iniciação ao conhecimento científico e dificuldades enfrentadas para sua inserção. **Anais II CONEDU...** Campina Grande: Realize Editora, 2015. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/16437>. Acesso em: 15 out. 2024.

RODRIGUES, R. M.; SANTOS, N. N. L. **Metodologias Ativas: Metodologias Ativas como Ferramenta Pedagógica**. Revista Gênero e Interdisciplinaridade. Vol. 05 - n 01, p. 395–412, 2024. Disponível em: <https://www.periodicojs.com.br/index.php/gei/article/view/1912> Acesso em: 11 ago. 2024.

SANTANA, L.; ALVES, J.L.; SABINO NETTO, A.C.; MERLINI, C., Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. **Revista Matéria**, v.23, n.4, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/dpWDvBJzSXYtzbKnJdDqHVg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 18(3), 1061–1085, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4833>. Acesso em: 26 set. 2024.

SCHROEDER, C. A importância da Física nas quatro primeiras séries do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 89-94, 2007. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/6ZjVdKptV4mn58XBrZdWny/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 24 set. 2024.

SILVA, José Jefferson da; MEDEIROS, Geneci Cavalcanti Moura de.

Uma sequência didática para professores de física do ensino médio com alguns conteúdos de hidrostática. **Revista Brasileira de Física**, v. 2, n. 1, p. 1–15, 2021. <https://revistabrasileiradefisica.com/rbf/2021/09/13/uma-sequencia-didatica-para->

professores-de-fisica-do-ensino-medio-com-alguns-conteudos-de-hidrostatica/. Acesso em: 11 fev. 2025.

STUDART, Nelson. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, Brasília, 2019.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 1

Tabela 1

	Aresta 1 (cm)	Aresta 2 (cm)	Aresta 3 (cm)	Volume (cm ³)
Cubo pequeno 1				
Cubo pequeno 2				
Cubo médio 1				
Cubo médio 2				
Cubo grande 1				
Cubo grande 2				

Perguntas

1. O que ocorre com o nível da água quando colocamos os blocos dentro do béquer?

2. Ocorre exatamente a mesma coisa com todos os blocos, de todos os tamanhos?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 2

Perguntas

1. Marque os blocos que afundam.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

2. Marque os blocos que flutuam.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

3. Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?

4. Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 3

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 3

TABELA 2

	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
Bloco pequeno 1			
Bloco pequeno 2			
Bloco médio 1			
Bloco médio 2			
Bloco grande 1			
Bloco grande 2			

PERGUNTAS

1. Marque os blocos em que além das densidades foram calculadas também as massas específicas.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

2. Marque os blocos em que foram calculadas apenas as densidades.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

Observações:

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO 4

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

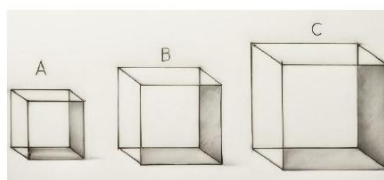
Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 4

1. As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe) que suas massas são, nesta ordem 32,4g ; 56g e 150, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm responda:



Quais cubos são de mesmo material?

☐ A e B	☐ A, B e C
☐ A e C	☐ Nenhum dos cubos
☐ B e C	

Explique o porquê.

2. Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles que afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta).

☐ A	☐ C
☐ B	☐ Nenhum deles.

Explique o porquê.

APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 58

WELLINGTON PEDRO DA SILVA JUNIOR

PRODUTO EDUCACIONAL

KIT DE HIDROSTÁTICA PARA INVESTIGAÇÃO
DO CONCEITO DE DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA

Wellington Pedro da Silva Junior

KIT DE HIDROSTÁTICA PARA INVESTIGAÇÃO
DO CONCEITO DE DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA

À apreciação e aprovação do egrégio Conselho
de Coordenação Didática do polo 58-UFRPE
do Mestrado Nacional Profissional em Ensino
de Física.

Título da dissertação/produto educacional:
Proposta de Ensino por Investigação com Kit de
Hidrostática para o Ensino Fundamental II

Mestrando: Wellington Pedro da Silva Junior

Orientador: Alexandro Cardoso Tenório

Recife
2025

AGRADECIMENTOS

Por óbvio, primeiramente não poderia deixar de agradecer a Deus pela apresentação deste trabalho aqui desenvolvido. Ele é bom o tempo todo, e a tudo deve ser dado graças.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Alexandro Cardoso Tenório, por sua paciência infinita com esse estudante. Por compreender que a vida de sala de aula e a rotina exaustiva, muitas vezes rouba nossas forças e tira nosso ânimo e nos atrapalha na produção acadêmica. Lhe agradeço muito professor, por sua paciência e compaixão, por não desistir de mim e por sempre me empolgar e incentivar nas nossas conversas.

Agradeço de coração, à minha esposa, Maysa, a minha maior fonte de inspiração, que jamais me deixa cair, que sempre acredita em mim e que sempre caminha ao meu lado me fazendo acreditar que tudo é possível.

Agradeço à minha irmã, Wellma, por ser uma fonte inesgotável de exemplo de perseverança, força e dedicação. Por me mostrar a cada dia que nada pode parar uma pessoa que não desiste.

À minha mãe, M^a Rosalina, por ser uma fonte de amor, tolerância e compreensão, mas sempre ser firme e convicta do que deve ser feito.

Agradeço também a todos os meus amigos(as), pela paciência e compreensão das minhas ausências.

Por fim, agradeço a toda a coordenação do MNPEF UFRPE – POLO 58, que nunca negaram esforços para que este trabalho fosse possível.

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM O USO DE KIT DE HIDROSTÁTICA PARA ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL II**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 58 – UFRPE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O material que sucede pode ser utilizado por professores e pesquisadores que desejam introduzir aos seus estudantes os conceitos de densidade e massa específica, bem como o desenvolvimento de habilidades de medição, aferição de erros em medições e na introdução a metodologia científica, que pode e deve ser mostrada aos estudantes como processo de desenvolvimento da ciência, crucial para que os estudantes possam verificar por conta própria, que quando experimentos são realizados com seriedade e com o seguimento de tal metodologia, caso corretos, são possíveis de serem reproduzidos por pares.

Por acreditar firmemente que o ensino de física pode se iniciar desde os primeiros anos do Ensino Fundamental II, este material pode abranger turmas desde o sexto ano do Ensino Fundamental, utilizado parcialmente para o ensino do conceito de densidade, volume e massa, até as turmas do nível médio, bem quando conceitos mais profundos, como empuxo, podem ser tratados e experimentados na prática, adaptando apenas a quantidade necessária de aulas e os níveis de explicação e introdução do conteúdo de acordo com o grau de ensino que se encontram os estudantes com os quais o produto educacional será aplicado e também com a quantidade de estudantes presentes na aplicação.

Com a aplicação e desenvolvimento deste produto, pode-se esperar que os estudantes que são submetidos a ele possam desenvolver a capacidade de, por conta própria, identificar objetos mais ou menos densos, verificar sua capacidade de flutuabilidade e explicar o motivo pelo qual alguns objetos afundam na água e outros flutuam. Ainda de acordo com o nível, alguns desses estudantes podem aprender a explicar o “afundamento parcial” dos materiais que podem flutuar sobre os fluidos.

Finalmente, instigar os alunos a “colocar a mão na massa” e conferir pessoalmente os resultados de seus experimentos, comparar seus resultados obtidos com os resultados de seus pares e buscar entender as divergências entre eles, sejam estas grandes ou pequenas, certamente é um caminho que torna a sala de aula um ambiente mais dinâmico, interativo e que os força a questionar e confrontar suas crenças pré-estabelecidas, confrontar a disseminação de ideias que

não passam pelo crivo da metodologia científica e ainda fortalecer o senso crítico, que é extremamente necessário para uma geração que constantemente é exposta a notícias falsas nas redes sociais.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

1. REFERENCIAIS TEÓRICOS	7
1.1. TEORIAS DE APRENDIZAGEM	7
1.2. CONCEITOS FÍSICOS ABORDADOS	7
1.2.1. DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA.....	7
1.2.2. PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES	8
2. DESIGN METODOLÓGICO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	9
2.1. OBJETIVOS.....	9
2.2. COMPOSIÇÃO DO KIT	9
2.3. METODOLOGIA.....	10
2.3.1. PRIMEIRA FASE	11
2.3.2. SEGUNDA FASE	12
2.3.3. TERCEIRA FASE.....	13
2.4. QUARTA FASE (AVALIAÇÃO)	14
REFERÊNCIAS	17
APÊNDICES	18
APÊNDICE A - BLOCO PEQUENO	18
APÊNDICE B - BLOCO MÉDIO.....	18
APÊNDICE C - BLOCO GRANDE	19
APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO 1	20
APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO 2	21
APÊNDICE F - QUESTIONÁRIO 3	22
APÊNDICE G - QUESTIONÁRIO 4	23

1. REFERENCIAIS TEÓRICOS

1.1. TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Segundo Marco Antônio Moreira (2006) e sua teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, para se construir uma aprendizagem que seja realmente duradoura, efetiva e significativa, o paradigma da educação bancária deve ser quebrado. Tornar a exposição de um certo conteúdo algo que gere no estudante uma predisposição para aprender, associado com a interação do novo conteúdo com conhecimentos já adquiridos pelos mesmos, pode ser uma ferramenta poderosíssima para que se construa tal aprendizado.

Para que se possibilite a construção da aprendizagem significativa, alternativas ao ensino tradicional devem ser buscadas, uma delas são as metodologias ativas. Segundo Studard (2019) e Carvalho (2013) há um repertório de metodologias ativas que podem ser usadas na prática da ensinagem, entre elas há a Sequência de Ensino por Investigação (SEI), que será base (mas não necessariamente a única) utilizada no desenvolvimento das atividades que sucederão a seguir.

Fazer com que o estudante interaja com o conhecimento que será construído por ele, propor hipóteses, testa-las, verifica-las, comparar seus resultados com os resultados obtidos por seus pares, são características da Sequência de Ensino por Investigação. Esses aspectos da SEI, tendem a forçar o estudante a questionar, pensar e discutir com seus pares sobre possíveis soluções e explicações para problemas enfrentados por eles, tendendo a tornar a obtenção do conhecimento um processo mais dinâmico, interativo e acima de tudo, efetivo (CARVALHO, 2018; BODEJAN e COELHO, 2023).

Mas é crucial que dentro da proposta didática da SEI, não se perca o enfoque no desenvolvimento dos conteúdos científicos, para isto, o papel do professor é fundamental na condução e acompanhamento das atividades.

1.2. CONCEITOS FÍSICOS ABORDADOS

1.2.1. DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA

No processo de ensino da hidrostática, muitas grandezas físicas são envolvidas, tais quais, força, pressão, empuxo, entre outras. Duas grandezas que possuem o potencial de confundir o estudante e que devem ser trabalhadas de forma cautelosa são: densidade e massa específica. É importante que se faça de maneira clara o paralelo entre ambas.

Define-se como densidade (d) a razão entre a massa (m) de um corpo, homogêneo ou não, e o volume (V) ocupado por ele.

Por outro lado, define-se como massa específica (μ) a razão entre a massa (m) homogênea e compactada de um corpo e o volume (V) ocupado por ele.

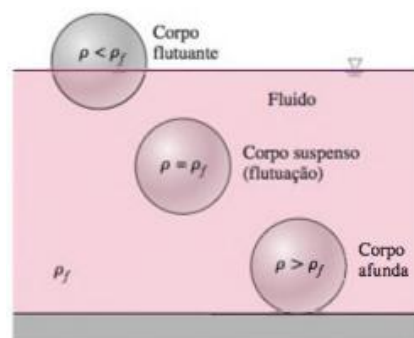
$$\mu = \frac{m}{V}$$

Portanto, observaremos que, quando um corpo é homogêneo e compacto, sua densidade coincidirá com sua massa específica (NUSSENZVEIG, 2014)

Em resumo, podemos dizer que, toda massa específica é uma densidade, mas nem toda densidade é, necessariamente, uma massa específica.

1.2.2. PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

A comparação entre as densidades de um corpo sólido solto em um fluido, quando desprezados efeitos como a tensão superficial, permitirá que se descubra se o corpo sólido flutuará, caso a densidade do corpo sólido seja menor que a do fluido, afundará, caso a densidade do corpo sólido seja maior que a do fluido ou ainda se manterá estático em algum ponto do fluido, caso a densidade do corpo sólido e do fluido sejam iguais.



Fonte: Çengel, Yunus A. (2007)

De acordo com o princípio de Arquimedes o empuxo sobre um corpo imerso total ou parcialmente num fluido é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo. O empuxo pode ser expressado através da expressão:

$$\vec{E} = m \cdot \vec{g}$$

Mas $m = V_{\text{fluido}} \cdot d$, então, obtemos que:

$$\vec{E} = d \cdot \vec{g} \cdot V_{\text{fluido}}$$

Onde ‘d’ representa a densidade do fluido, $\vec{g}$ representa a aceleração gravitacional e V_{fluido} representa o volume de fluido deslocado pelo corpo sólido (HALLIDAY, 2016).

2. DESIGN METODOLÓGICO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.1. OBJETIVOS

Objetivo geral:

Realizar o desenvolvimento de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) que aborde conceitos básicos da hidrostática para estudantes do Ensino Fundamental II dentro da perspectiva da aprendizagem crítica.

Objetivos específicos:

1. Elaborar um procedimento experimental acessível e de fácil aplicação para promover um processo de ensino e aprendizagem que relacione densidade e massa específica.
2. Implementar o procedimento em sala para explorar a aprendizagem ativa da relação entre densidade e massa específica.
3. Analisar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) para promover a compreensão ativa dos alunos da diferença entre dois conceitos fundamentais da hidrostática, densidade e massa específica, com protagonismo estudantil.
4. Verificar, através da aplicação de questionários, se houve a construção de conhecimento.

2.2. COMPOSIÇÃO DO KIT

O *Kit de hidrostática para investigação do conceito de densidade e massa específica* é constituído por (Figura 1):

Balança de precisão

Três blocos ‘ocos’ de PLA com volumes aproximados de 8cm³, 27cm³ e 64cm³

Três blocos maciços de PLA com volumes aproximados de 8cm³, 27cm³ e 64cm³

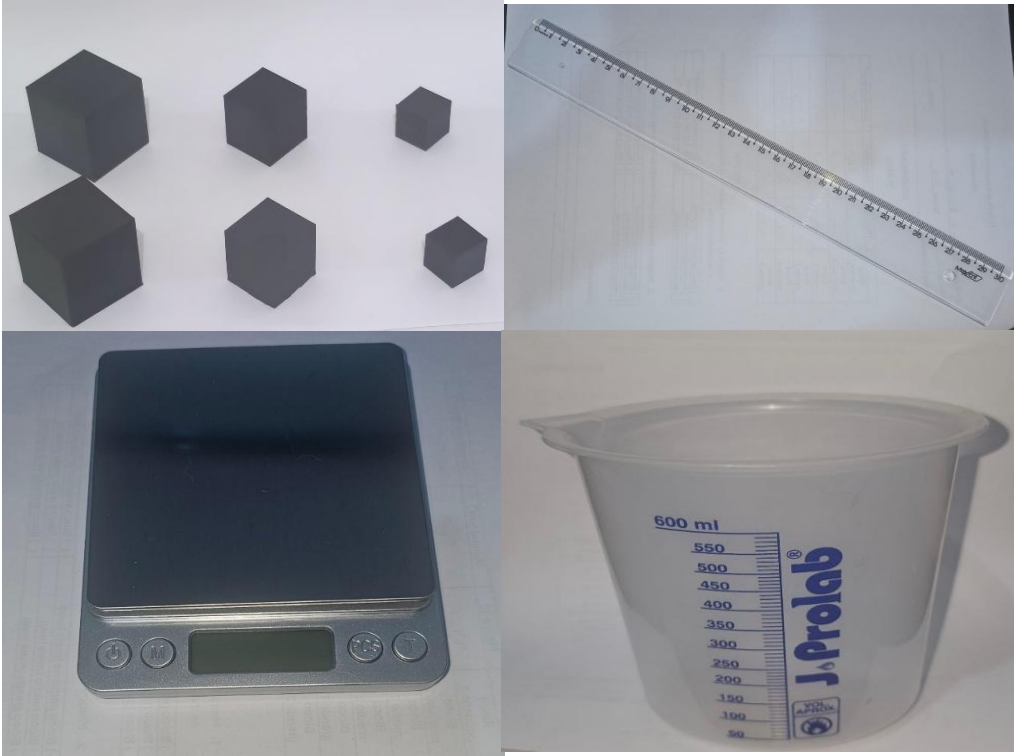
Béquero de plástico graduado 600ml

Régua de 30cm

O PLA é um material usado em impressoras 3D. Ele é um polímero desenvolvido com materiais biodegradáveis, feitos a partir do amido de milho.

Figura 1 – Componentes do Kit experimental

Fonte:
(2024)



Autor

Além disso, pode ser utilizado pelo professor uma proveta graduada, que será necessário para demonstração da densidade da água.

É importante salientar que as dimensões e medidas feitas com maior precisão (com o uso de paquímetro digital para as arestas) dos blocos estão conforme APÊNDICES A, B e C. Também é importante frisar que as diferenças entre as dimensões dos kits são extremamente pequenas e podem ser tratadas como irrelevantes.

2.3. METODOLOGIA

O trabalho será dividido em quatro fases, onde cada uma destas conduzirá o estudante em um processo de construção do conhecimento, sintetizado a seguir:

Quadro - Síntese da aplicação da atividade experimental

8º ano EFAF – Turma com 7 alunos – único grupo			
Dias	Fase	Atividade	Duração estimada
1º dia	PRIMEIRA FASE	Utilização do kit experimental e Aplicação do Questionário 1	25 min

	SEGUNDA FASE	Utilização do kit experimental e Aplicação do Questionário 2	7 min
	TERCEIRA FASE	Apresentação teórica do conteúdo e Aplicação do Questionário 3	15 min
2º dia	QUARTA FASE (AVALIAÇÃO)	Revisão dos Questionários 1, 2 e 3 e Aplicação do Questionário 4	50 min

Fonte: Autor (2024)

2.3.1. PRIMEIRA FASE

Inicialmente:

- Formar-se-á grupos contendo de 4 a 10 estudantes, cada grupo com acesso a um kit experimental.
- Dar-se-á então um tempo, para que eles possam observar e manusear os componentes do kit.
- Após este tempo o professor pode abrir um espaço para tirar eventuais dúvidas, pois, por exemplo, é possível que alguns destes alunos nunca tenham visto um béquer, ou ainda, alguns deles podem se interessar em saber qual ou quais materiais que estão sendo utilizados no experimento.

Em seguida:

- Pede-se então para que os grupos coloquem 450ml de água em seus béqueres e que se introduza um a um dos cubos dentro dos béqueres.
- Também dar-se-á tempo livre, para que eles façam outras observações além das pedidas no questionário inicial.

Após o primeiro contato dos estudantes com o *Kit de hidrostática para investigação do conceito de densidade e massa específica*, aplica-se o primeiro questionário que tem objetivo apenas de coletar as informações que os estudantes observaram ao manusear o kit. Uma sugestão de questionário 1 encontra-se no Apêndice D.

Dentro do questionário 1 pudemos observar que, embora não houvesse uma única resposta correta, havia respostas que eram esperadas. Essas respostas deveriam conter informações que convergem para descrições a seguir.

- Pergunta 1: O que ocorre com o nível da água quando colocamos os blocos dentro do béquer?

- Resposta esperada para pergunta 1: *O nível da água sobe. / O nível da água sobe, mais para uns blocos que para outros.*

- Pergunta 2: Ocorre exatamente a mesma coisa com todos os blocos, de todos os tamanhos?

- Resposta esperada para pergunta 2: *Não, pois embora em todos os casos o nível da água suba, ele não sobe igualmente em todos os casos. Há também blocos que afundam e blocos que flutuam.*

Após o preenchimento do questionário 1, os estudantes devem permanecer com o mesmo para uso posterior, exceto se o tempo de aula se finalizar, neste caso, o professor deve recolher os questionários e devolve-los na aula seguinte.

Assim, finaliza-se a primeira fase.

2.3.2. SEGUNDA FASE

Inicia-se com uma discussão sobre os resultados obtidos na fase anterior. Os estudantes podem comparar e discutir entre si as diferenças e convergências de resultados. Posterior a esse momento, pode-se aplicar o segundo questionário, que tem como sugestão o questionário 2, que se encontra no Apêndice E. Este novo questionário visa mais uma vez verificar a capacidade de observação dos estudantes, mas agora visa também verificar os conhecimentos prévios dos mesmos.

No questionário 2, encontraremos as seguintes perguntas, e suas respectivas respostas esperadas. Salienta-se novamente, que as respostas apresentadas pelos estudantes não precisam ser exatamente iguais as respostas esperadas apresentadas, desde que estas convirjam para um conceito físico correto.

- Pergunta 1: Marque os blocos que afundam.

- Resposta correta/esperada para pergunta 1: *Bloco pequeno (mais pesado), Bloco médio (mais pesado) e Bloco grande (mais pesado).*

- Pergunta 2: Marque os blocos que flutuam.

- Resposta correta/esperada para pergunta 2: *Bloco pequeno (mais leve), Bloco médio (mais leve) e Bloco grande (mais leve).*

- Pergunta 3: Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?

- Resposta correta/esperada para pergunta 3: *Porque uns são mais densos que a água, estes afundam, outros são menos densos que a água, estes flutuam.* Ou ainda: *Porque possuem densidades diferentes.*

- Pergunta 4: Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

- Resposta esperada para pergunta 4: *Porque os blocos que afundam são mais densos que a água e os blocos que flutuam são menos densos que a água. A densidade não depende apenas do tamanho ou volume do objeto, mas também de sua massa.*

Dar-se-á uma nova oportunidade para que os estudantes manipulem os experimentos, afim de fazer novas observações e anotações. Dar-se-á também a oportunidade de que os alunos possam fazer pesquisas.

Assim como na primeira fase após o preenchimento do questionário 2, os estudantes devem permanecer com o mesmo para uso posterior, exceto se o tempo de aula se finalizar, neste caso, o professor deve recolher os questionários e devolve-los na aula seguinte.

Assim, finaliza-se a segunda fase.

2.3.3. TERCEIRA FASE

Inicia-se com uma discussão acerca das perguntas feitas na segunda fase. Após a discussão inicial, caso os estudantes ainda não conheçam o conceito de densidade, o professor poderá então introduzi-lo, com a complexidade adequada ao nível dos estudantes (talvez seja melhor mostra-la, inicialmente, na unidade de g/cm^3 , pois são as medidas que serão fornecidas pela balança e pela régua).

O professor nesse momento também tem a oportunidade de mostrar aos estudantes na prática como se calcula a densidade dos corpos, fazendo o uso da proveta graduada e de uma balança de precisão. Deve enfatizar o fato de que a densidade da água é de 1 g/cm^3 em condições normais de temperatura e pressão.

O professor deverá também expor o conceito de massa específica, evidenciando sua diferença com a densidade dos corpos.

Abre-se então um novo momento de discussão e interação dos estudantes e por fim, aplica-se o terceiro questionário (que tem como sugestão o questionário 3, que se encontra no Apêndice F, com o intuito de verificar se os conceitos trabalhados foram bem entendidos.

Para as perguntas realizadas no questionário 3, temos as seguintes respostas esperadas.

- Pergunta 1: Marque os blocos que além das densidades foram calculadas também as massas específicas.
- Resposta correta/esperada para pergunta 1: *Bloco pequeno (mais pesado), Bloco médio (mais pesado) e Bloco grande (mais pesado).*
- Pergunta 2: Marque os blocos em que foram calculadas apenas as densidades.
- Resposta correta/esperada para pergunta 2: *Bloco pequeno (mais leve), Bloco médio (mais leve) e Bloco grande (mais leve).*

Assim como nas fases anteriores, após o preenchimento do questionário 3 os estudantes devem permanecer com o mesmo para uso posterior, exceto se o tempo de aula se finalizar, neste caso, o professor deve recolher os questionários e devolve-los na aula seguinte.

Assim, finaliza-se a terceira fase.

2.4. QUARTA FASE (AVALIAÇÃO)

O critério de avaliação deve ser estabelecido pelo professor de acordo com a necessidade de cada turma, tempo disponível, e fatores que são individuais de cada turma e instituição de ensino. Esta avaliação pode ter caráter objetivo, com a aplicação de um quarto questionário (como o questionário 4, disponível no Apêndice G), tendo a correção deste questionário como critério de atribuição de nota.

Para as questões presentes no questionário 4, é mais uma vez importante observar que respostas que estejam ligeiramente diferentes daquilo que é esperado, ainda podem indicar compreensão do conteúdo, cabendo ao avaliador ter a sensibilidade de observar com cautela o conteúdo exposto pelos estudantes. Como guia de respostas, temos:

- Pergunta 1: As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe) que suas massas são, nesta ordem 32,4g; 56g e 150, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm responda: Quais cubos são de mesmo material? Explique o porquê.
- Resposta esperada para pergunta 1: *Objetos maciços constituídos de um único material possuem a mesma massa específica. Os cubos A e C se enquadram nessa característica, portanto são constituídos do mesmo material.*

$$\mu_A = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{32,4}{27} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_B = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{56}{64} = 0,875 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_C = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{150}{125} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

- Pergunta 2: Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles que afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta).

- Resposta esperada para pergunta 2: *Os cubos A e C afundariam na água, pois a massa específica de ambos é maior que a massa específica da água, que é de 1g/cm³.*

Outra forma de avaliação, pode dar-se em carácter progressivo, de forma que a avaliação se inicia desde o momento que se inicia o procedimento experimental, com a participação dos alunos na discussão, *ainda que as contribuições do estudante inicialmente possuam conceitos incorretos*, sua participação e tentativa de observar/explicar os fenômenos envolvidos devem, necessariamente, ser tratados como algo positivo, inclusive, como diz Moreira (2011) no princípio da aprendizagem pelo erro, “... o ser humano aprende corrigindo os seus erros.”.

Mantendo-se os grupos, a segunda etapa do processo avaliativo poderá ser feita através de trabalhos expositivos. Nestes trabalhos, diversos temas podem ser abordados. Ou ainda, pode-se sugerir que os próprios estudantes criem aparatos experimentais que fariam uso dos conceitos que lhes foram apresentados, estas criações podem ser mostradas apenas em sua teoria, em formas de desenho, não necessariamente fazendo de fato o procedimento.

O ideal é que estes temas sejam sugeridos pelos estudantes, passado pelo crivo do professor, que irá verificar apenas a viabilidade do tema, bem como se ele é pertinente com o conteúdo trabalhado.

Eventualmente, caso não sejam dados pelos estudantes temas considerados pertinentes pelo professor, ele poderá sugerir temas, que seriam apenas de explicação de equipamentos/máquinas já existentes. Ideias de temas são:

- Por que grandes navios podem flutuar? Como eles funcionam?
- Como funcionam os submarinos?
- Equipamentos/máquinas que se valem de mecanismos hidráulicos do cotidiano que possuem conceitos da hidrostática em seu funcionamento. (Se o professor quiser, ele já pode dizer quais são estes equipamentos e pedir apenas que se explique.)

Estes temas são apenas sugestões, o professor pode dar quaisquer outros temas que possuam relevância dado o estágio no qual se encontre sua turma.

Por fim, após as apresentações dos trabalhos, caso haja algum erro conceitual, o professor poderá primeiro perguntar aos próprios alunos se algum deles é capaz de identificar o erro cometido. Em caso positivo, dar-se-á a oportunidade que este aluno esclareça o erro e faça a correção.

Independentemente de algum aluno ‘consertar’ ou não o erro do colega é importante que o professor anote todos estes erros e prepare procedimentos que possam ser feitos com o próprio kit para mostrar as inconsistências apresentadas.

Finalmente, dar-se-á nova oportunidade para que os alunos possam corrigir os eventuais erros.

Desta forma, através da prática pedagógica, observamos que a construção do conhecimento não é um processo linear, tão pouco homogêneo, contudo, a busca constante por novas metodologias, como a Sequência de Ensino por Investigação (SEI), através de um planejamento bem executado, adaptado a realidade dos estudantes, é potencialmente promissor para a consolidação de uma aprendizagem significativa.

Mais uma vez, é importante de enfatizar que o critério de avaliação deve ser decidido pelo professor da turma, de acordo com as observações que o professor pode fazer durante as fases para que esta atinja a finalidade desejada.

REFERÊNCIAS

BODEVAN, J. A. S.; COELHO, G. R. Ensino por investigação, centro de ciências, práticas científicas e epistêmicas: análise de uma intervenção pedagógica. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, 40(1), 8–32, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/82777>. Acesso em: 20 set. 2024.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 18(3), 765–794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 26 out. 2023.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições de implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações**. McGraw Hill, São Paulo, 2007.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**, Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria de aprendizagem**. 2 Ed. São Paulo: E.D.U, 2011.

MOREIRA, M. A. & MASINI, E A S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica: Fluidos, oscilações e Ondas, Calor (Volume 2)**. 5 ed. São Paulo: E. Blucher, 2014.

STUDART, Nelson. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, Brasília, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A - BLOCO PEQUENO



APÊNDICE B - BLOCO MÉDIO



APÊNDICE C - BLOCO GRANDE



APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO 1

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 1

Tabela 1

	Aresta 1 (cm)	Aresta 2 (cm)	Aresta 3 (cm)	Volume (cm ³)
Cubo pequeno 1				
Cubo pequeno 2				
Cubo médio 1				
Cubo médio 2				
Cubo grande 1				
Cubo grande 2				

Perguntas

1. O que ocorre com o nível da água quando colocamos os blocos dentro do béquer?

2. Ocorre exatamente a mesma coisa com todos os blocos, de todos os tamanhos?

APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO 2

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 2

Perguntas

1. Marque os blocos que afundam.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

2. Marque os blocos que flutuam.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

3. Por que alguns blocos afundam e outros flutuam?

4. Por que há blocos pequenos que afundam enquanto há blocos grandes que flutuam?

APÊNDICE F - QUESTIONÁRIO 3

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 3

TABELA 2

	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
Bloco pequeno 1			
Bloco pequeno 2			
Bloco médio 1			
Bloco médio 2			
Bloco grande 1			
Bloco grande 2			

PERGUNTAS

1. Marque os blocos em que além das densidades foram calculadas também as massas específicas.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

2. Marque os blocos em que foram calculadas apenas as densidades.

☐ Bloco pequeno (mais leve)	☐ Bloco pequeno (mais pesado)
☐ Bloco médio (mais leve)	☐ Bloco médio (mais pesado)
☐ Bloco grande (mais leve)	☐ Bloco grande (mais pesado)

Observações:

APÊNDICE G - QUESTIONÁRIO 4

Ficha de aula experimental de física.

Hidrostática

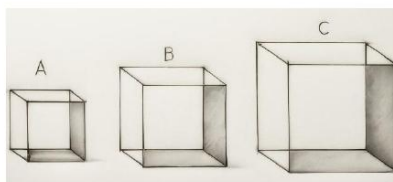
Estudante: _____

Data: _____ Turma: _____ Grupo: _____

Instituição de ensino: _____

QUESTIONÁRIO 4

1. As imagens a seguir possuem os cubos A, B e C, respectivamente. Sabendo que os cubos são maciços (são totalmente preenchidos pelo material que o compõe) que suas massas são, nesta ordem 32,4g ; 56g e 150, e que suas arestas são respectivamente 3cm, 4cm e 5cm responda:



Quais cubos são de mesmo material?

☐ A e B	☐ A, B e C
☐ A e C	☐ Nenhum dos cubos
☐ B e C	

Explique o porquê.

2. Com base nos cubos da questão anterior, qual ou quais deles que afundariam completamente na água? (Pode haver mais de uma resposta).

☐ A	☐ C
☐ B	☐ Nenhum deles.

Explique o porquê.
