

ARTHUR SCHELB FILIPPINI

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE HIDROSTÁTICA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências de Pós-
graduação do Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS- BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Viçosa

T

F486a
2017 Filippini, Arthur Schelb, 1989-
 Atividades investigativas no ensino de Hidrostática / Arthur
 Schelb Filippini. - Viçosa, MG, 2017.
 viii, 142f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Regina Simplicio Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.84-90.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Hidrostática. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Física. Departamento de Pós-
graduação em Física. II. Título.

CDD 22 ed. 532.2

ARTHUR SCHELB FILIPPINI

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE HIDROSTÁTICA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 02 de maio de 2017.



Orlando Pinheiro da F. Rodrigues



Daniel Rodrigues Ventura



Helena Libardi



Regina Simplicio Carvalho
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela formação e estrutura concedida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de mestrado, usufruída durante o mesmo.

Aos professores do programa, em especial, Orlando Pinheiro da Fonseca Rodrigues pelas conversas que me fizeram ver o ensino de física e a ciência de outra forma.

A minha orientadora Regina Simplício Carvalho, pelos muitos ensinamentos, pela dedicação infinita e seu suporte durante toda pesquisa, sua contribuição foi inestimável ao meu trabalho e desenvolvimento. As conversas durante as reuniões sobre assuntos não acadêmicos que descansa e acalma a mente, criando um laço de amizade, nutrindo assim uma admiração e gratidão infindável.

Aos professores da banca de defesa, que suas sugestões e críticas elevaram o resultado do trabalho.

Aos professores e direção do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Viçosa, onde iniciamos nossa pesquisa e em sua aplicação muito se desenvolveu.

A direção do Colégio Técnico da UFMG, que permitiu a realização de nossa pesquisa com seus alunos.

A todos os alunos que participaram da pesquisa e aos seus pais que permitiram sua participação, essencial para compreender os efeitos do método de ensino estudado.

Aos amigos e família que me auxiliaram, principalmente Barbara Gabrielle Bomfim da Mota, ao meu lado durante toda o trabalho e infindáveis viagens,

Carmén Lucia Perez Schelb pelo auxílio na melhora do texto, conversas sobre objetivos e facilitação dos translados, Silverio Filippini Filho pela paciência e disposição para me ajudar.

Aos colegas de curso, que fizeram parte desta jornada, importantes para a criação do espaço de aprendizado que tive durante as disciplinas realizadas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Experimento de Magdeburgo.....	15
Figura 02 - Fluido (a), cilindro vertical (b), cilindro horizontal (c).....	20
Figura 03 - Vasos comunicantes.....	21
Figura 04 - Prensa Hidráulica.....	22
Figura 05 – Paradoxo Hidrostatico.....	22
Figura 06 – Principio de Arquimedes.....	23
Figura 07 - Número de Participantes e presença por Gênero.....	32
Figura 08 - Dinamômetros (A, B), béquer (C), cilindro de cerâmica (D), peça de metal (E) e bloco de madeira preso a fio (F), balança (H).....	36
Figura 09 - Categorização das respostas obtidas para a questão 2 da aula 1.....	37
Figura 10 - Montagem experimental do estudo sobre regelo.....	40
Figura 11 - Efeito crioscópico.....	41
Figura 12 - Museu de Arte Moderna – São Paulo.....	42
Figura 13 - Bomba de vácuo (A), hemisférios de Magdeburgo (B), garrafa pet furadas horizontalmente (C), garrafa pet furadas verticalmente (D) e canudos (E).....	44
Figura 14 - Montagem experimental para o experimento da sucção de água.....	46
Figura 15 - Respostas categorizadas dos alunos aula 3 questão 1.....	47
Figura 16 - Respostas categorizadas dos alunos aula 3 questão 2.....	48
Figura 17 - (A) Tubo de vidro conectado a garrafa pet por mangueira; (B) Sistema com mangueira em U; (C) Mangueira com água.....	50
Figura 18 - Respostas categorizadas aula 4 questão 1.....	52
Figura 19 - Bacia, bloco de madeira maciço, bloco de madeira maciço preso a um fio, bloco de madeira com um cilindro oco, cilindro de cerâmica, peça de metal.....	55
Figura 20 - Respostas categorizadas aula 6.....	59
Figura 21 - Temas investigados na sequência didática no ponto de vista dos alunos participantes.....	61
Figura 22 - Desejos dos estudantes sobre experimentos.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Habilidades e Competências desenvolvidas durante as aulas da sequência didática, conforme o PCN e o PCN ⁺	33
Tabela 2 - Categorias presentes nas respostas dos alunos	57
Tabela 3 - Percentagem de turnos por partes de cada uma das aulas	78

RESUMO

FILIPPINI, Arthur Schelb, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2017. **Atividades investigativas no ensino de hidrostática.** Orientadora: Regina Simplício Carvalho.

O presente trabalho apresenta um estudo sobre atividades investigativas no ensino de hidrostática aplicadas no Ensino Médio. O objetivo da pesquisa foi o de elaborar uma sequência didática com abordagem investigativa, testar e analisar os seus impactos na aprendizagem dos alunos. As aulas, com caráter experimental, foram planejadas e elaboradas com a utilização de materiais de baixo custo e de fácil aquisição, podendo assim ser ministradas em uma sala de aula comum. Os temas abordados nas aulas foram Pressão e Empuxo. As atividades investigativas foram aplicadas para uma turma constituída por alunos voluntários da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Belo Horizonte – MG. A coleta de dados foi feita durante dois meses, na turma com média de quinze alunos frequentes. As aulas com duração de cinquenta minutos eram divididas entre a apresentação do experimento a ser realizada, explicação do problema a ser investigado, execução do experimento, formulação, discussão das hipóteses e aplicação de teste. Os resultados obtidos foram analisados em busca de indicadores de alfabetização científica e aprendizagem significativa dos conceitos de física trabalhados.

ABSTRACT

FILIPPINI, Arthur Schelb, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2017. **Inquiry in hydrostatic teaching.** Adviser: Regina Simplicio Carvalho.

The present paper presents a study about investigative activities applied in hydrostatic teaching in high school. The research goal was to elaborate a pedagogical sequence with an investigative approach, test and analyze its impacts on the student's learning. Experimental classes were planned and elaborated with the use of low-cost and easy-to-acquire materials, which could then be taught in a common classroom. The subjects taught were pressure and hydrostatic. The investigative activities were applied in a class of voluntary students from the first year of a public high school from Belo Horizonte City - Minas Gerais State. The data collection was done for two months, in a class with an average of fifteen frequent students. The classes lasted 50 minutes and were divided into the presentation of the experiment to be carried out, explanation of the problem to be investigated, execution of the experiment, formulation and discussion of hypothesis, and application of questionnaires. The results obtained were analyzed in search of indicators of scientific literacy and significant learning of the concepts of physics worked.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO 1 - CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ATIVIDADES INVESTIGATIVAS	03
CAPITULO 2- HIDROSTÁTICA	15
CAPÍTULO 3 - OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	28
3.1 OBJETIVOS.....	30
3.1.1 Objetivo Geral	30
3.1.2 Objetivos Específicos.....	30
3.2 METODOLOGIA	31
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E ANÁLISE.....	34
4.1 AULA 1 – CONCEITOS BÁSICOS	38
4.2 AULA 2 – INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE PRESSÃO	43
4.3 AULA 3 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA	47
4.4 AULA 4 –PRESSÃO E VASOS COMUNICANTES.....	52
4.5 AULA 5 – EMPUXO	57
4.6 AULA 6 – EXPLORAÇÃO ADICIONAL DOS TEMAS ANTERIORES	61
4.7 AULA 7 – ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO.....	63
4.7.1 Análise das Transcrições.....	72
4.7.2 Análise da porcentagem de Turnos	80
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	86
ANEXO A: TERMO DE ASSENTIMENTO	92
ANEXO B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	94
APENDICE A: CARTA DE AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA	95
APENDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE HIDROSTÁTICA.	96

INTRODUÇÃO

Essa pesquisa foi idealizada durante o estudo das teorias de ensino e aprendizagem onde nossa atenção foi voltada para as metodologias ativas de ensino e aprendizagem. O ensino experimental desempenha um papel fundamental na educação em ciências e, através dela, deve-se oferecer aos jovens, experiências de aprendizagem que lhes permitam conhecer razões para a importância de se conhecer as ciências (CALDEIRA, 2012). Para tanto, se torna necessário desenvolver estratégias de ensino que articulem o conhecimento dos conceitos e o processual, ou seja, a maneira de se fazer ciência e estabelecer relações com o cotidiano do aluno.

Nesse contexto, as atividades investigativas baseadas na resolução de problemas têm sido apontadas como uma alternativa promissora (CALDEIRA, 2012, CAPECCHI; CARVALHO, 2000).

Neste tipo de atividade, o aluno exerce um papel ativo e o professor é um orientador das atividades. O aluno é estimulado a analisar e interpretar os dados obtidos, formular hipóteses sobre o problema apresentado, discutir e argumentar sobre as hipóteses formuladas, escrever sobre os conceitos aprendidos e desenvolver um raciocínio crítico.

Busca-se assim uma metodologia de ensino que gere aprendizagem significativa e que, não só utilize o conhecimento prévio do aluno como subsunçor, mas que auxilie no processo do aluno de remodelar seu conhecimento prévio, tornando-o científico. E mais, que o conteúdo aprendido possa ser utilizado pelo aluno em sua vida cotidiana, salientando a importância da ciência para a sociedade.

A ciência incorpora, além dos conceitos, um patrimônio relacionado com os aspectos metodológicos e esse componente só pode ser aprendido e avaliado através do trabalho prático e experimental (CARVALHO, SOUSA, PAIVA, FERREIRA, 2012).

O êxito na realização das atividades práticas depende de um planejamento adequado que estimule uma atitude investigativa, colaborativa e crítica dos alunos.

Garantir a alfabetização científica e a construção de uma mentalidade científica é prioritário, mas o público alvo da pesquisa permite ir além, pois a maioria absoluta deseja prosseguir em seus estudos.

Nesta pesquisa foi elaborada e aplicada uma sequência didática com atividades investigativas, com a temática hidrostática.

No capítulo 1 deste trabalho apresentamos algumas idéias sobre a construção do conhecimento e sobre atividades investigativas. No capítulo 2, consta aspectos históricos da hidrostática e fundamentos que foram utilizados na confecção da sequência didática. No capítulo 3 são apresentados os objetivos e a metodologia utilizada na pesquisa. No capítulo 4, os resultados obtidos e a discussão. As considerações finais são apresentadas no capítulo 5, seguida das referências bibliográficas utilizadas na escrita dessa dissertação.

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Como professores, quando adotamos uma postura crítica e reflexiva em relação as nossas práxis, buscamos incessantemente uma forma de ensinar que contemple os aspectos da vida do estudante, o mundo em que ele está inserido, a sociedade, a cultura, o ambiente e a tecnologia.

Nos anos de 1960-1980 questões como o aumento da poluição, crises ambientais e problemas energéticos começaram a ganhar mais enfoque e esperava-se da ciência uma resolução para eles. Esse quadro motivou a reforma nas propostas de ensino fortalecendo o vínculo entre o ensino de ciências e a utilidade deste conhecimento para a sociedade (KRASILCHIK, 2000, (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Na discussão sobre a utilidade da ciência, partimos do pressuposto que os fenômenos naturais não são compartimentalizados; a maioria desses é explicada à luz de várias áreas do conhecimento e, para que conhecimento científico se relacione significativamente com a tecnologia, a sociedade e o ambiente, este precisa se integrar com outras áreas de conhecimento. Desta forma, quando se usa o conhecimento da física na análise de diversas situações reais é necessário fazer uso de outras áreas tais como: matemática, linguística e química, por exemplo. Estas relações estabelecidas em sala de aula são fundamentais para que os estudantes vejam a ciência como um conhecimento necessariamente interligado a outras áreas e com atuações diversas (BRICCIA, 2013)

De acordo com Briccia (2013), no ensino tradicional muitas vezes a ciência é ensinada de forma parcializada e mecânica, distorcendo sua realidade e seu desenvolvimento, ensinando-a de uma forma descontextualizada. Para (DOS SANTOS, 2007), o ensino de ciências ainda é dogmático, além de descontextualizado da sociedade.

Para contextualizar a ciência, podemos usar a estratégia de ensiná-la, fazendo com que o aluno vivencie a práxis do cientista, aquele que compreende e cria a ciência. Desta forma aproximamos a construção dos conceitos em sala de aula com o percurso metodológico usado pelos cientistas na formação do conhecimento científico. Precisamos também modificar a visão de cientista dos

alunos que muitas vezes veem o cientista como um gênio solitário, o que gera uma visão elitista e individualista da ciência, desmotivando os alunos a seguirem este ofício (BRICCIA, 2013).

Santos (2007) cita três objetivos para a contextualização das ciências:

Desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos natureza da ciência; encorajar os alunos a relacionar suas experiências escolares em ciências com problemas do cotidiano. (DOS SANTOS, 2007, p. 05)

Conforme Munford e Lima (2007), a ciência no contexto acadêmico tem como objetivo produzir novos conhecimentos científicos, distinto do objetivo da escola que é o de promover a aprendizagem do conhecimento científico já consolidado.

O estabelecimento de interações discursivas ligadas às ciências faz os estudantes participarem de investigações objetivando a compreensão de conceitos científicos e com isto aprendem como proposições científicas são construídas, avaliadas e legitimadas (SASSERON; DUSCHL, 2016).

O engajamento dos alunos na investigação os leva a retomar o conhecimento prévio para elaborar hipóteses explicativas, buscar relações entre os dados para avaliar a validade de suas hipóteses, assim aprendem também sobre a natureza do conhecimento científico e sua produção, aproximando a ciência escolar da ciência real (KELLY, 2013; SILVA, 2015)

O ensino das relações sociais nas ciências e, o modo de como ocorre a construção do conhecimento podem diminuir a distância entre a visão dos alunos e a dos cientistas. Ao apresentar um problema real aos alunos, motivando-os assim para a resolução do mesmo e a buscar as ligações da física com outros conteúdos para solucioná-lo, a figura do cientista se aproxima da figura do estudante, quando o mesmo tenta solucionar problemas reais tal como um problema de equilíbrio de pontes ou de sustentação de navios. Assim, precisam criar hipóteses sobre quais fatores são relevantes para a sustentação de um corpo na água e neste processo os alunos são levados a descobrir ou

redescobrir os conceitos, na posição de cientistas, e assim moldam seu conhecimento prévio em conhecimento científico (ABIB, 2013).

Ao criar hipóteses e participar do processo de construção do conhecimento, o aluno convive com as imprecisões do método a ser conduzido o experimento e as incertezas e aproxima-se do verdadeiro espírito investigativo (AMARAL, 1997).

Como abordado por Briccia (2013), a metodologia usada para o ensino não é neutra, esta metodologia também é conteúdo. Se usarmos uma metodologia baseada na investigação com a intenção de produzir descrições científicas, estaremos ensinando o conteúdo e simultaneamente mostrando a realidade da ciência e a forma como os cientistas trabalham.

Quando os alunos constroem seu conhecimento por meio de observações de um fenômeno e através da criação de explicações para os mesmos, se aproximam do aprendizado e da criação do conhecimento, tal como feito por Kepler em seus estudos de órbitas, a astronomia de Ptolomeu e a seleção natural de Darwin. Unindo o conhecimento prévio ao obtido em sala de aula, aprendem também sobre a construção científica. Sabemos que há diferenças entre os laboratórios tecnologicamente avançados dos cientistas para os laboratórios escolares, porém o modo como o conhecimento é construído e o modo que a ciência é desenvolvida podem ser aproximados (GIOPPO; SCHEFFER; NEVES, 1998).

Podemos utilizar de atividades práticas como experiências que colocam o aluno em contato com fenômenos naturais e/ou como investigações onde o aluno tem a oportunidade de lidar com questões abertas e necessita de se portar como um cientista que resolve um certo problema (SOUZA et al., 2015).

Essas atividades podem ser utilizadas para se obter resultados positivos com vários objetivos educacionais diferentes, seja para demonstrar um fenômeno, ilustrar um princípio teórico, coletar dados, testar hipóteses e incentivar o interesse e curiosidade dos alunos. Podemos utilizar estas atividades para desenvolver habilidades de observação e capacidade de

realizar medidas, aprendendo assim a utilizar de aparatos experimentais (SOUZA et al., 2015)

Os alunos possuem conhecimento que em grande parte não é científico, estão aprendendo como manusear instrumentos necessários à prática científica e ainda se expressam de forma imprecisa, mas espera-se que eles desenvolvam um processo simplificado do trabalho científico e neste processo aprendam gradativamente a linguagem científica e a cultura científica (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Esta realidade de construção do conhecimento também favorece o relacionamento entre alunos, porque durante uma aula investigativa todos devem supor hipóteses e modos de testar estas hipóteses. Hipóteses incorretas e tentativas impróprias de se verificar hipóteses fazem parte da história da ciência e do processo de construção do conhecimento. Assim os alunos perdem o medo de expor suas concepções sobre a Física sejam elas corretas ou incorretas, criando um ambiente mais propício para a aprendizagem (GIOPPPO; SCHEFFER; NEVES, 1998).

Para Freire (2006), a aceitação do erro no aprimoramento dos saberes é importante por revelar o inacabamento do conhecimento humano, humanizando a aprendizagem e o ensino. Através desta interpretação podemos considerar que a aceitação do erro na ciência e a visão da mesma em constante evolução é importante para humanizar a prática científica e o ensino de ciências.

As ciências apresentam uma linguagem específica, com características distintas da linguagem comum (MORTIMER; CHAGAS; ALVARENGA, 1998) normalmente composta de termos técnicos da área, modelos de discurso e argumentação particulares. Estas características foram estabelecidas ao longo do seu desenvolvimento, visando registrar e ampliar este conhecimento. Por ter características distintas, a linguagem científica se torna estranha e difícil para os alunos. Reconhecer estas distinções nos leva a admitir a inseparabilidade da aprendizagem de ciência da aprendizagem da linguagem científica (MORTIMER; CHAGAS; ALVARENGA, 1998).

Abordamos anteriormente sobre saber, falar e fazer ciência, porém foi comentado sobre escrever ciência, que também deve ser ensinado. Para Freire (1994) a alfabetização é vista em um aspecto diferente do visto nos dicionários, em que ser alfabetizado não é saber somente ler e escrever deve-se saber o que está escrevendo, tal como o porquê escrever e sobre o que escrever.

No contexto da ciência, o alfabetizado cientificamente é o indivíduo que sabe como organizar os pensamentos para compor uma hipótese, e sabe trabalhar com contraexemplos e outras estruturas argumentativas e de discurso (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Esta linguagem própria da ciência aparece na vida dos estudantes quando buscam informações sobre novas tecnologias, unindo a linguagem científica e tecnológica, buscando assim uma enculturação tecnológica e científica (SASSERON; CARVALHO, 2008)

Sobre o processo de investigação e construção do conhecimento, de acordo com Bachelard (1996, p.14): “Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”.

A partir deste pensamento, para a construção de uma aula investigativa devemos começar com uma questão a ser respondida e durante a construção do conhecimento científico, para a resposta da questão ocorrerá o aprendizado. Estas questões a serem respondidas devem proporcionar testes de hipóteses, a passagem de manipulação para análise intelectual, formação de uma estrutura do pensamento e argumentação sobre as questões. É importante que os problemas que originam as questões utilizadas estejam inseridos na cultura dos estudantes e sejam interessantes o suficiente para incentivar a curiosidade e a busca pela resolução e compreensão da questão, seja um problema experimental ou não, tal como problemas baseados em vídeos, imagens ou reportagens (BELLUCCO; CARVALHO, 2014; CARVALHO, 2013)

Precisamos na construção da pergunta inicial considerar qual será o ponto inicial da aula, quais conceitos e conhecimentos se espera que os alunos

construam, não é esperado que os alunos realizem experimentos para obter e redescobrir todos os conceitos teóricos (KOCK et al., 2015).

Para Bruner (apud OLIVEIRA, 1973) o ensino por descoberta acontece quando o aprendiz guiado pela curiosidade busca uma explicação sobre fenômenos ou as relações entre conteúdos, trilhando seu próprio caminho na busca por conhecimento através da resolução de problemas. O professor atua como um instrutor que direciona o estudo, facilitando o aprendizado. Segundo esse autor:

O ambiente ou conteúdo de ensino têm que ser percebidos pelo aprendiz em termo de problemas, relações e lacunas que ele deve preencher, a fim de que a aprendizagem seja considerada significativa e relevante. Portanto, o ambiente para aprendizagem por descoberta deve proporcionar alternativas --resultando no aparecimento e percepção, pelo aprendiz, de relações e similaridades, entre as ideias apresentadas, que não foram previamente reconhecidas... A descoberta de um princípio ou de uma relação, por uma criança, é essencialmente idêntica- enquanto processo- a descoberta que um cientista faz em seu laboratório. (apud OLIVEIRA, 1973, p.34).

Estas questões e problemas para favorecer o ensino por descoberta devem ser suficientemente desafiadores para que gere interesse e motivação, porém não podem ser difíceis a ponto de gerar desânimo e desistência por estarem longe das capacidades dos alunos (MOREIRA, 1999).

A demanda por problemas desafiadores está de acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN⁺):

O aspecto desafiador das atividades deve estar presente todo o tempo, permitindo o engajamento e a continuidade desses alunos no processo de aprender. Nesse sentido, a postura do professor de problematizar e permitir que os alunos pensem por si mesmos, errando e persistindo, é determinante para o desenvolvimento das competências juntamente com a aprendizagem dos conteúdos específicos. (BRASIL, 2002, p.129).

Para calcular este nível de dificuldade ideal necessita-se de um estudo sobre os conhecimentos prévios dos alunos e seu domínio do conteúdo a ser ministrado. O professor pode utilizar de testes, questionários, análises de notas anteriores para definir a dificuldade ideal.

O ideal é que os novos conhecimentos situem-se na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), conforme recomendado por Vygotsky (2007).

É importante ressaltar que o papel do professor não é simplesmente incentivar a interação entre os alunos e manipular os objetos, mas também incitar que pensem sobre os fenômenos. Apresentar e ajudá-los a solucionar um problema novo para eles (ABIB, 2013).

Devemos nos atentar à importância da interação e argumentação entre os alunos. O momento de trocas de informações e comunicação entre os mesmos pode ajudá-los a compreender não só o conteúdo ministrado como também a natureza do conhecimento científico sendo construída durante esta metodologia de ensino. (AZEVEDO, 2004).

No PCN⁺ a importância da interação entre os alunos é enfatizada:

A aprendizagem não se dá com o indivíduo isolado, sem possibilidade de interagir com seus colegas e com o professor, mas em uma vivência coletiva de modo a explicitar para si e para os outros o que pensa e as dificuldades que enfrenta. (BRASIL, 2002, p.120).

O professor, ao longo da investigação, pode criar situações para que a argumentação surja, permitindo e promovendo que ocorram interações discursivas. O professor deve organizar e analisar os dados e conhecimentos existentes, questionando os alunos e propondo perguntas sobre o que está sendo observado, incentivando assim a análise do fenômeno observado e motivando os alunos a levantar hipóteses e contestar explicações (SASSERON, 2013).

Para Sasseron (2013), há propósitos pedagógicos que contribuem para o desenvolvimento da aula, sendo eles: planejamento da atividade, organização para a atividade, ações disciplinares e motivação. Cumprindo cada um destes propósitos através de ações pedagógicas, o professor terá auxiliado o desenvolvimento da argumentação, pois estão ligados à criação de ambientes favoráveis à investigação, interações discursivas e apresentação de hipóteses e explicações pelos alunos.

A autora também recomenda que o professor realize retomada de idéias,

teste das idéias, correlação de variáveis e avaliação de idéias para organizar as informações obtidas durante a aula, manter o foco dos alunos na atividade de investigação e facilitar a construção da explicação para o fenômeno.

Há algum tempo, se tornou consenso no Brasil que o ensino de ciências deve anexar ao ensino elementos que auxiliem o desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo dos estudantes. Assim ajudando na criação de uma visão real do mundo e aumentando a capacidade destes alunos de detectar os problemas existentes e propor formas de solucioná-los (SILVA et al., 2015)

Este pensamento corrobora as ideias de Paulo Freire (2006), quando este explicita o desejo que o ensino remodele o conhecimento do aluno mantendo sua curiosidade ingênua criada pelas suas experiências pessoais. É importante para o pensador que esta curiosidade ingênua associada ao saber comum se torne criticizada se moldando em “curiosidade epistemológica (FREIRE, 2006, p.13).

Para se realizar atividades investigativas em ciência nas salas de aula são necessárias normas sociais específicas assim como em uma pesquisa científica. A utilização destas normas facilita a construção de uma cultura investigativa uma vez que na cultura investigativa os alunos possuem a oportunidade de experimentar características essenciais do processo de pesquisa científica, tal como criar hipóteses, teorias e modelos, testar suas ideias usando experimentos, interpretar dados e se envolver no processo social de questionamento, discussão e colaboração. Desta forma espera-se realizar o processo de enculturação científica juntamente com o processo de aprendizagem de conceitos (KOCK et al., 2015; SASSERON; DUSCHL, 2016)

Para se mudar a cultura em sala de aula precisamos de mudar não só as normas, mas também as expectativas e comportamentos. O professor pode facilitar esta mudança explicando as novas normas e alterando os comportamentos para se adequarem melhor as normas, incentivando os alunos a adotarem este novo comportamento e recompensando os que o fazem. Facilitar discussões em sala é uma das maneiras de estabelecer a cultura

investigativa. Estas discussões também ajudam os alunos a obter um consenso sobre problemas conceituais e prove o professor de um “feedback” sobre o nível de conhecimento dos alunos sobre o assunto (KOCK et al., 2015)

Para realizar as atividades investigativas devemos mudar as normas escolares tradicionais para normas científicas, favorecendo a cultura científica.

A mudança das normas é perceptível pelos alunos quando resolvem os problemas nas aulas investigativas porque agora eles devem ser ativos realizando perguntas, cooperando e são responsáveis pelo seu próprio aprendizado (KOCK et al., 2015)

As novas normas devem mostrar aos alunos que eles devem possuir pensamento ativo, expor ideias, usar argumentos de modo respeitoso e ouvir os outros, tal como se permitir e permitir aos outros cometerem erros, fazerem perguntas e cooperar (KOCK et al., 2015). Esta visão é condizente com as ideias expostas acima sobre o conhecimento do inacabamento humano.

O professor deve se referir a estas novas normas e no início das aulas investigativas, deve mostrar que a participação ativa e a conquista do conhecimento é mais importante do que se preocupar para não cometer erros ou obter a resposta advinda do professor para a perguntas que surgirem durante a aula (KOCK et al., 2015)

Mudaremos a tradição de roteiros “*recipe-type*” para formas, estruturas, guiadas e mais abertas de investigação. É importante perceber que quando temos um roteiro muito orientado os alunos focam somente em seguir os procedimentos descritos ao passo que a ausência de um roteiro ou um roteiro totalmente aberto os alunos perdem o foco e não obtém um bom resultado (KOCK et al., 2015)

A contribuição central das aulas investigativas é retirar a apresentação de uma ciência consolidada e concentrar no consenso da dinâmica presente na construção do conhecimento e da comunidade científica, onde esta dinâmica ocorre através da natureza argumentativa do discurso científico (KELLY; MCDONALD; WICKMAN, 2012).

HIDROSTÁTICA

Visamos neste capítulo abordar alguns fundamentos de hidrostática que foram utilizados na elaboração da sequência didática.

Primeiramente será apresentado aspectos históricos que podem fornecer pistas para elucidar o processo de construção de conhecimento e da formulação dos conceitos e auxiliar o professor na condução dos seus alunos na busca desse conhecimento e em seguida são apresentados os conceitos gerais da hidrostática com uma abordagem prioritariamente fenomenológica que poderá ser usada no Ensino Médio.

Breve histórico

As ideias relacionadas à hidrostática são seculares e até mesmo milenares. Vários filósofos, cientistas e pensadores refletiram sobre os fenômenos. Neste texto serão mencionados a contribuição de alguns deles. Segundo Martins (1989), os atomistas gregos defendiam a existência do vazio e eram contestados por Platão (427 a.C – 347 a.C) e Aristóteles (384 a.C - 322 a.C). Aristóteles acreditava em um universo cheio de matéria, com corpos impenetráveis e, a luz e o som, como não eram corpos, poderiam atravessar a matéria, além disso, a natureza, por sua vez, tinha “horror ao vácuo”.

A cristianização das ideias aristotélicas, por São Tomás de Aquino, contribui para que essas dominassem e persistissem na humanidade por quase dois mil anos (FERREIRA; PEDUZZI, 2014), Lavoisier (2007), em seu discurso preliminar no Tratado Elementar de Química, traz o seguinte pensamento:

[...] nas ciências físicas, em geral, tenha-se muitas vezes suposto em vez de concluir; que as suposições transmitidas de geração a geração se tenham tornado cada vez mais importantes apenas pelo peso das autoridades que elas adquiriram e que tenham enfim, sido adotadas e vistas como verdades fundamentais, até mesmo pelas melhores mentes. (LAVOISIER, 2007, p. 18).

A descoberta e a publicação de textos de Arquimedes (287 a.C – 212 a.C) no século XVI, (COELHO; NUNES, 1992) reaviva as discussões existentes fornecendo ferramentas para os pensadores. A existência ou não do vácuo

voltou a ser amplamente discutida. Francis Bacon (1561-1626) e René Descartes (1596-1650), personagens de renome na história não acreditavam na existência do vácuo. No início do século XVII alguns filósofos como Isaak Beeckman (1582 – 1666) e Giovanni Batista Baliani (1582 – 1666) admitiam a ideia do vácuo e da pressão atmosférica. Galileu Galilei (1564 – 1642) também se envolveu nesta temática de pesquisa, ele e Marin Mersenne (1588 – 1648) fizeram medidas que os permitiram apontar uma ordem de grandeza para a densidade do ar e da água (MARTINS, 2000).

Em sua obra de 1638, Galileu descreve o experimento realizado anteriormente por Lucrécio, de juntar duas placas lisas e polidas e tentar separá-las. Observa-se que uma placa desloca sobre a outra com facilidade, mas se tentar puxá-las, não conseguirá, mostrando a aversão da natureza pelo espaço vazio (MARTINS, 2000).

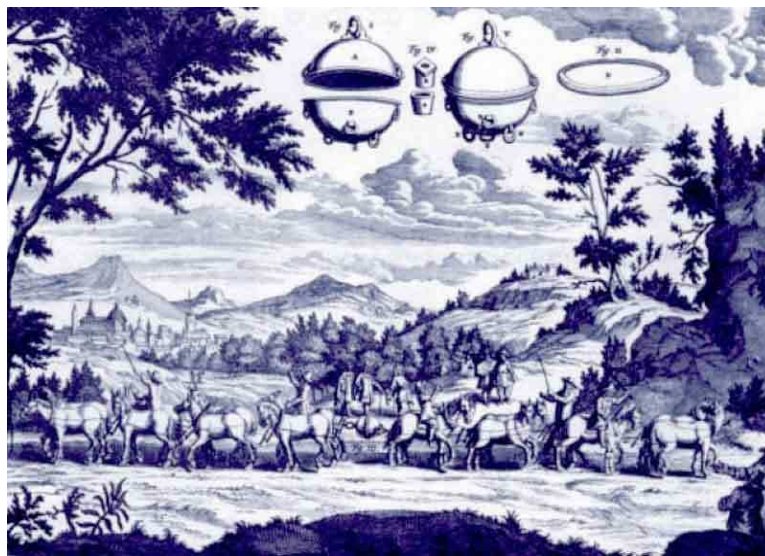
O belga Simon Stevin (1548 – 1620) engajado em esforços militares desenvolveu diversos trabalhos em hidrostática com o intuito de melhorar a construção de plataformas flutuantes. Em 1586 publicou a obra *De Beghinselen des Waterwichts*, onde se encontra o paradoxo hidrostático: a pressão exercida sobre o fundo de um vaso com água depende apenas da altura do nível da água (CINDRA, 2008).

Em torno de 1641, Gasparo Berti (1600 – 1643) realiza o experimento, provavelmente idealizado por Raffael Magiotti (1597 – 1656), da coluna de água e alguns anos depois Vincenzo Viviani (1622 – 1703) e Evangelista Torricelli (1608 – 1647) adaptaram o experimento utilizando mercúrio ao em vez da água. Nesse experimento, uma coluna de vidro de um metro de comprimento é totalmente preenchida com mercúrio, tapa-se a extremidade inferior dessa coluna e a verte mergulhando-a em uma vasilha com mercúrio, mantendo-a na posição vertical, o líquido desce até uma altura de 76 cm da base e lá permanece. A altura da coluna de mercúrio é menor que da água em uma proporcionalidade inversa com suas densidades. Torricelli não é enfático na proposição do vácuo mas menciona a pressão atmosférica como responsável pelo fenômeno (MARTINS, 2000).

Vários cientistas da época tentaram reproduzir o experimento de Torricelli, incluindo o jovem Blaise Pascal (1623 – 1662). Este depois de reproduzir por diversas vezes o experimento, idealiza um novo experimento, após encontro com Descartes, que foi realizado pelo seu cunhado na base e no topo do *Puy – de – Dôme*, buscando elucidar a influência da pressão. Observou-se então que a altura da coluna do mercúrio era menor no topo da montanha. Descartes posteriormente reivindica a idéia do experimento, mas Pascal nega (MARTINS, 2000). Em 1647 Pascal publica seus experimentos e afirma que o espaço sobre o mercúrio é o vácuo.

Na Alemanha, um outro pesquisador, Otto von Guericke (1602 -1686) empreendeu esforços, construiu uma bomba de vácuo apelidada de “*antliapneumática*” e realizou o seu famoso experimento nominado experimento de Magdeburgo (*Mirabilia Magdeburgica*): dois hemisférios de cobre que se encaixavam perfeitamente, cujo ar foi retirado pela bomba de vácuo. “A pressão atmosférica exterior de tal modo os apertou que só a força de oito parejas de cavalos, animados a poder de chicote, conseguiu separá-los com espantoso estrondo.” (VON GUERICKE, 1672 apud BRITO et al., 1954). A figura 01 traz a ilustração do experimento publicado no livro de Otto von Guericke.

Figura 01 – Experimento de Magdeburgo



Fonte: <http://www.astronoo.com/pt/artigos/vacu.html>

Esse experimento já foi reproduzido em diversas ocasiões, por exemplo em Granada no ano de 2005 para celebrar o VII Congresso Internacional sobre Pesquisa e Didática das Ciências. Dezesesseis cavalos não conseguiram separar os hemisférios, acredita-se que as bombas de vácuo atuais produziram um vácuo mais perfeito e a força necessária para a separação seria maior (CORTAZAR, 2008). Em 2010 o experimento foi reproduzido utilizando bois em vez de cavalos e o vídeo do experimento encontra-se disponível em https://www.youtube.com/watch?v=Qpi_cWYsLLE.

Robert Boyle (1627 – 1691) se propôs a melhorar o dispositivo elaborado por Otto von Guericke, descrito por Gaspar Schott na obra Mecânica hidráulico-pneumática de 1657. De acordo com Boyle, a máquina de Von Guericke tinha diversas desvantagens pois devia ser mergulhada em um grande volume de água, impedia a inserção de aparatos experimentais e era extremamente difícil de operar, precisando do trabalho constante de homens fortes por várias horas Boyle aperfeiçoou a máquina, publicou 43 experimentos em 1660 e a máquina Boyleana tornou-se o emblema do programa experimental da *Royal Society*. (SHAPIN; SCHAFFER, 2005). Esse cientista afirmava que o conhecimento devia ser gerado através de experimentos e que o fundamento desse conhecimento devia ser constituído pelos fatos produzidos experimentalmente. Boyle sistematizou o conhecimento sobre a pressão atmosférica e a existência do vácuo e ganhou um ferrenho opositor, Thomas Hobbes que defendia a teoria aristotélica do “horror ao vácuo” (SHAPIN; SCHAFFER, 2005).

Conceitos gerais

A hidrostática estuda os fluidos em equilíbrio e um fluido está em equilíbrio quando “a resultante das forças que atuam sobre cada porção do fluido se anula” (NUSSENZVEIG, 2002, p.3).

Para Massey (2002, p. 35) “Um fluido é uma substância que pode entrar em escoamento”, logo líquidos e gases são considerados fluidos, pois possuem a propriedade de escoar ou fluir (NUSSENZVEIG, 2002)

Existem várias substâncias que apresentam propriedades intermediárias entre sólidos e fluidos. O alcatrão, por exemplo, não escoia facilmente (MASSEY, 2002).

As propriedades dos fluidos, como temperatura, pressão, condutibilidade térmica, viscosidade etc., são consideradas macroscópicas do “meio contínuo”. Sólidos, fluidos, cordas, entre outros são considerados meios contínuos. O número de partículas nesses sistemas é muito grande e não é viável estudar separadamente cada partícula, dessa forma caracteriza-se a matéria pela densidade (SYMON, 1996).

No estudo dos fluidos, princípios da mecânica clássica como os da conservação da energia e as leis de Newton para o movimento são aplicadas.

De acordo com Symon (1996), quando um fluido é deixado sem perturbação durante um longo tempo, ele atinge um equilíbrio no qual não existem tensões de cisalhamento (força paralela à superfície do fluido). A pressão exercida através de uma pequena área do fluido em equilíbrio será normal à esta área.

Quando uma força é aplicada à um líquido em um espaço aberto as moléculas que o constituem deslizam umas sobre as outras, até que a mesma se cesse (MASSEY, 2002). Um fluido real opõe resistência ao deslizamento das camadas vizinhas e, esta resistência de cada camada em relação a camada vizinha é atribuída à viscosidade do mesmo.

Os fluidos exercem forças sobre as paredes dos recipientes que os contêm e essas são perpendiculares a essas paredes. A força por unidade de área em qualquer ponto do fluido é independente da orientação da superfície. A pressão resulta de forças que o fluido exerce em qualquer ponto do seu interior ou da sua superfície.

Define-se a pressão (P) então como a força (F) exercida pelo fluido por unidade de área (A) perpendicularmente a essa superfície.

$$P = F/A$$

A pressão é uma grandeza escalar. A unidade mais utilizada é N/m^2 (pascal) Pa. Utiliza-se também unidades de atmosfera (atm) e milímetros de mercúrio (mmHg).

Os instrumentos utilizados medem a diferença de pressões, ou seja, a pressão do fluido em relação a pressão atmosférica, nominada pressão manométrica ou relativa.

Um fato determinado experimentalmente sobre a pressão nos líquidos é que ela age igualmente em todas as direções. Embora a pressão não tenha uma direção, as forças que a compõem tem. Logo quando colocamos um objeto submerso em água, ele sofre forças em toda sua superfície. Isto explica porque a água sai perpendicularmente a superfície de um recipiente furado (HEWITT, 2011), porque ela sofre forças vindo de todas direções exceto a direção do furo, desta forma o somatório destas forças no furo resulta em uma aceleração para fora da garrafa.

A massa específica de um fluido (ρ), densidade absoluta ou simplesmente densidade é a massa desse contida em uma unidade de volume (kg/m^3). Já o peso específico (γ) é o peso da unidade de volume desse fluido (N/m^3). Como peso é o produto da massa pela constante gravitacional (g), pode-se chegar à expressão de que: $\gamma = \rho \cdot g$

A densidade de um corpo pode ser definida como o quociente de sua massa pelo volume delimitado por sua superfície externa. Como a densidade de um líquido praticamente não varia, mesmo submetido a altas pressões considera-se na hidrostática que seja um fluido incompressível e sob pressão e temperatura constante, tem peso específico (γ) constante.

A hidrostática está fundamentada em três teoremas: Teorema de Stevin, Teorema de Pascal e Teorema de Arquimedes. (DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2007)

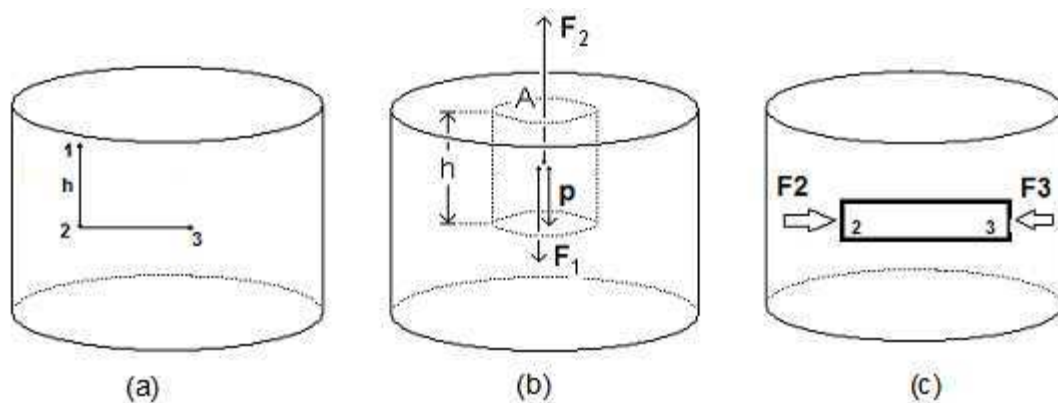
Teorema de Stevin

Considerado o princípio fundamental da hidrostática, estabelece que em um campo gravitacional a diferença de pressão entre dois pontos de um fluido

em equilíbrio é igual ao produto da diferença de nível entre os dois pontos pelo peso específico do líquido (GONÇALVES, 1979).

Para demonstrar esse teorema, pode-se considerar dois cilindros de fluido, um vertical e outro horizontal, situados no interior do próprio fluido. O vertical de eixo passando pelos pontos 1 e 2 e o horizontal de eixo passando pelos pontos 2 e 3 (figura 2.a). As forças verticais que agem sobre o cilindro (figura 2.b) são o seu peso (p) e as forças F_1 e F_2 . Como há equilíbrio, o somatório dessas forças é zero. Logo $F_2 - F_1 = p$. Como peso do fluido é o produto do seu peso específico pelo volume, e o volume é o produto da área pela altura. Chega-se a relação de que a pressão relacionada a F_2 (P_2) – a pressão relacionada a F_1 (P_1) é igual a $h \cdot \gamma$.

Figura 02 – Fluido (a), cilindro vertical (b), cilindro horizontal (c)



Fonte: <http://coral.ufsm.br/gef/l-fluidos.html> modificada pelo autor

$$F_2 - F_1 - p = 0 \quad (1)$$

$$F_2 - F_1 = p = A \cdot h \cdot \gamma \quad (2)$$

$$F_2/A - F_1/A = h \cdot \gamma \quad (3)$$

$$P_2 - P_1 = h \cdot \gamma \quad (4)$$

$$\text{Como: } \gamma = \rho \cdot g \quad (5)$$

$$P_2 - P_1 = h \cdot \rho \cdot g \quad (6)$$

Considera-se a P_1 como a pressão na superfície livre do líquido, ou seja como a pressão atmosférica.

As forças que agem sobre o cilindro horizontal (figura 2.c) são as forças F_2 e F_3 . Como há equilíbrio:

$$F_2 - F_3 = 0 \quad (7)$$

$$F_2 = F_3 \quad (8)$$

Dividindo pela área da seção reta do cilindro:

$$F_2/A = F_3/A \quad (9)$$

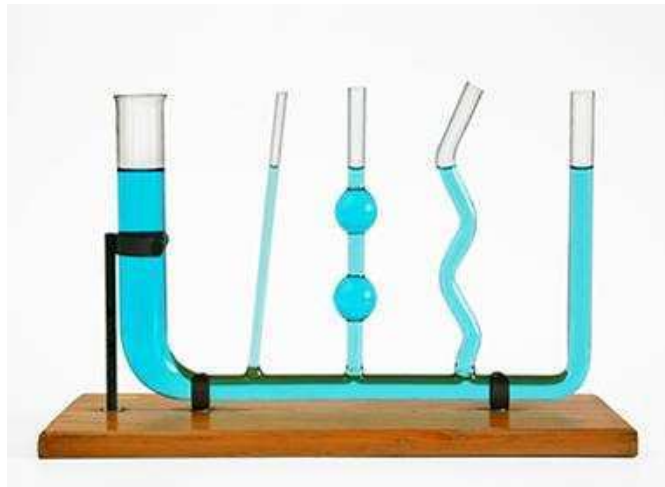
$$P_2 = P_3 \quad (10)$$

$$P_3 - P_1 = h \cdot \rho \cdot g \quad (11)$$

Logo, pontos situados no mesmo nível de um líquido em equilíbrio suportam a mesma pressão (GONÇALVES, 1979)

Uma das aplicações do Teorema de Stevin são os vasos comunicantes. Ao se observar um certo líquido que esteja em recipientes interligados com diferentes formatos e abertos, constata-se que a altura do líquido será igual em todos eles depois de estabelecido o equilíbrio (figura 03). Isso acontece porque a pressão exercida pelo líquido depende apenas da altura do líquido na coluna.

Figura 03 – Vasos comunicantes



Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/consequencias-lei-stevin.htm>

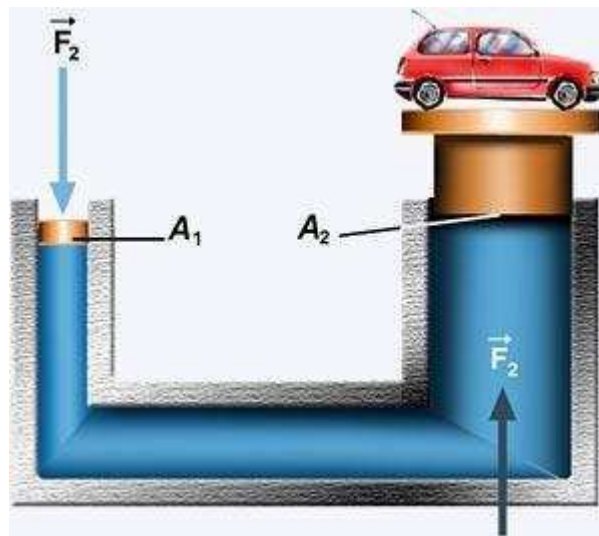
Um dos instrumentos usados em construções civis por pedreiros e mestres de obra é o “nível”. De fácil manuseio, pode ser feito preenchendo uma mangueira com água e mantendo suas extremidades em uma mesma altura. Em repouso, o nível de água nas duas extremidades da mangueira será o mesmo. Se um agente externo tornar uma extremidade mais alta em relação a outra, a água fluirá para o lado mais baixo.

Teorema de Pascal (Princípio de Pascal)

“A pressão aplicada a um fluido estático incompressível fechado se transmite igualmente a todas as partes do fluido”. (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1997, p.411).

Este princípio é ilustrado pela prensa hidráulica, onde F_2 é a força aplicada e A_1 e A_2 são elementos de volumes de área (figura 04):

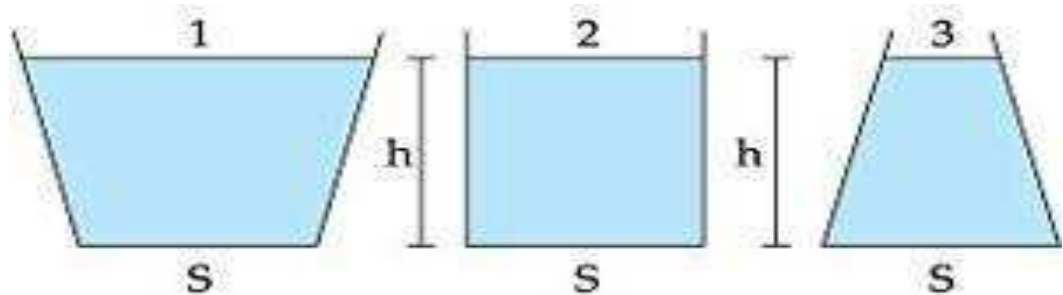
Figura 04 -- Prensa hidráulica



Fonte: goo.gl/fqD3PD

Paradoxo hidrostático: Em recipientes de formas diversas (figura 05) com a mesma área da base e mesma altura da coluna do líquido, a força exercida sobre a base também será igual. Esta igualdade da força ocorre porque o somatório das pressões exercidas sobre o fundo depende exclusivamente da altura do líquido (NUSSENZVEIG, 2002)

Figura 05 -- Paradoxo hidrostático



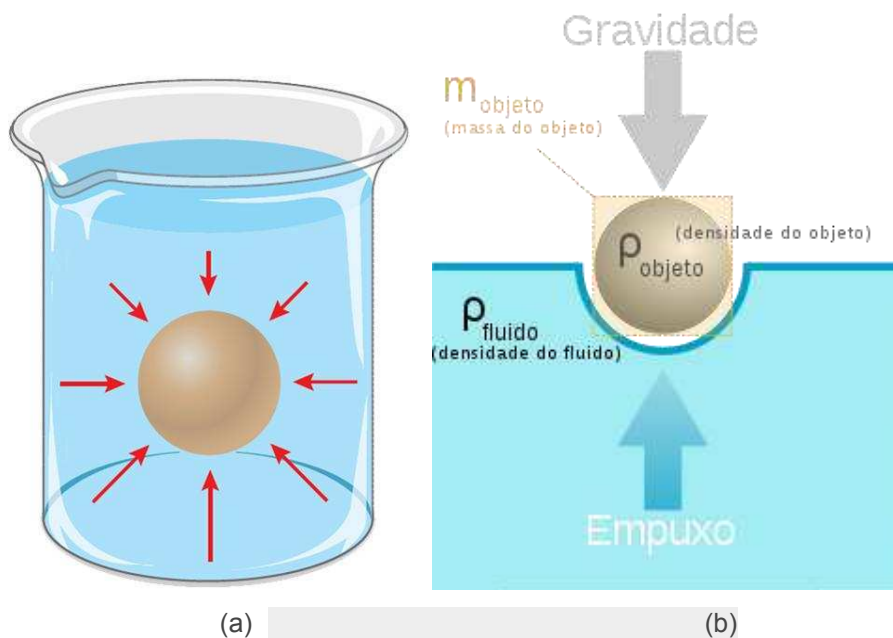
Fonte: goo.gl/9HXNSk

Teorema de Arquimedes (287 a. C – 212 a.C);

Todo corpo imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio sob a ação da gravidade, recebe do fluido uma resultante de forças denominada empuxo. Tal resultante tem sempre direção vertical, sentido de baixo para cima e modulo igual ao peso da porção (volume) do fluido deslocado pelo corpo (figura 06).

Neste somatório as componentes horizontais se anulam por serem criados por uma mesma pressão e uma vez que a pressão cresce com a profundidade as forças nas superfícies inferiores são maiores que nas superiores, restando assim apenas uma componente vertical para cima. (HEWITT, 2011)

Figura 06 (a, b) – Princípio de Arquimedes



Fontes: (a) goo.gl/ewwyxb e (b) goo.gl/N5xaqe

Empuxo é igual ao peso da porção do fluido que o corpo deslocou (GONÇALVES, 1979).

$$E = p \quad (12)$$

$$E = mg \quad (13)$$

Sendo m a massa da porção de fluido deslocada;

$$E = V \cdot \rho \cdot g \quad (14)$$

V é o volume da porção de fluido deslocada e ρ a densidade do fluido.

Quando o corpo estiver totalmente submerso no fluido, V representará o volume do corpo, mas quando estiver flutuando, somente a porção do corpo que estiver mergulhada deslocará o líquido. Nesse último caso:

$$E = V_{\text{submerso}} \cdot \rho \cdot g \quad (15)$$

A estabilidade de corpos extensos mergulhados ou flutuadores depende também dos seus centros de gravidade, para o corpo permanecer em repouso o empuxo tem que ser alinhado verticalmente com o centro de massa, caso contrário o corpo irá sofrer um torque e sair do repouso.

Dividindo-se o peso de um corpo construído com uma substância X pelo empuxo que este corpo sofre quando totalmente submerso em um fluido L , se obtêm a densidade de X em relação a L .

$$\rho_{X,L} = p/E \quad (16)$$

Existe uma lenda que Arquimedes foi chamado pelo rei Hieron II para descobrir se a coroa que ele havia recebido de presente era feita somente de ouro. Arquimedes ao entrar em uma banheira cheia de água e perceber que a quantidade de água que saía era proporcional ao volume de seu próprio corpo teria saído nu pelas ruas gritando “Eureka”, feliz por ter descoberto uma forma de verificar se a coroa do rei era feita de ouro.

De acordo com Martins (2000), o método normalmente atribuído a descoberta da pureza do ouro é errôneo. A estória retrata que Arquimedes utilizou um recipiente cheio de água e ao colocar a coroa no recipiente descobriu seu volume. Assim foi possível pesar a coroa e calcular sua densidade e saber se era de ouro puro ou se possuía prata e neste caso obter também a porcentagem de cada componente.

Martins (2000) alega que com este método seria impossível obter esta proporção com exatidão pois a quantidade de água entornada não é idêntica ao volume devido ao modo que a coroa entra na água, a tensão superficial e devido a baixa precisão da medida deste volume entornado. Assim a hipótese

validada como provável é que Arquimedes teria usado uma balança hidrostática.

Nas balanças hidrostáticas inicialmente se pesa o objeto que queremos saber sua densidade. Após a medida do seu peso adicionamos o mesmo em um recipiente com água de peso previamente conhecido de modo que o objeto esteja totalmente submerso, porém sem tocar o fundo do recipiente e se pesa novamente o sistema. O modulo da variação do peso do sistema é igual ao empuxo sofrido pelo objeto. Conhecendo o empuxo determina-se o peso da massa de água deslocada e obtém-se o volume do objeto. Assim com o volume do objeto e o peso pode-se finalmente obter precisamente a densidade de uma forma mais precisa do que o suposto na estória contada.

Líquidos não newtonianos

Para alguns líquidos, por exemplo, coloides, a viscosidade não é independente da taxa de corte (razão entre uma força e uma área) e estes são denominados líquidos não newtonianos. As forças de corte são as forças tangenciais aos líquidos e estas podem ser decompostas em componentes horizontais e verticais. Alguns líquidos apresentam uma viscosidade que diminui quando a taxa de corte é aumentada e outros que aumentam (MASSEY, 2002).

O estudo da hidrostática é comumente seqüenciado pelo estudo da hidrodinâmica, que estuda o movimento dos fluidos ideais (sem viscosidade), mas que não será abordado aqui.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS E METODOLOGIA

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 Objetivo Geral

Encontrar uma metodologia de ensino que gere aprendizagem significativa e que, não só utilize o conhecimento prévio do aluno como subsunçor, mas que auxilie no processo do aluno de remodelar seu conhecimento prévio tornando-o científico. E mais, que o conteúdo aprendido possa ser utilizado pelo aluno em sua vida cotidiana, salientando a importância da ciência para a sociedade.

3.1.2 Objetivos Específicos

Elaborar uma sequência didática com temas de hidrostática;

Aplicar atividades investigativas;

Analisar as respostas pedagógicas dos alunos frente a essa metodologia;

Verificar o nível de alfabetização científica alcançado pelos alunos participantes;

Obter um modelo de aula mais agradável, facilitando a criação de um ambiente propício ao aprendizado;

Auxiliar os alunos a desenvolverem habilidades e competências propostas no PCN e PCN⁺.

METODOLOGIA

Uma sequência didática composta de seis aulas com atividades investigativas foi aplicada em um grupo de alunos voluntários do primeiro ano do Ensino Médio em uma escola pública na cidade de Belo Horizonte MG. .

Pressão e empuxo foram os conteúdos de hidrostática abordados nesta sequência didática. Os temas foram: conceitos de pressão, pressão atmosférica e empuxo.

As cinco primeiras aulas foram divididas em três etapas explicitadas a seguir:

- A primeira etapa iniciou-se com uma breve exposição do tema e apresentação dos materiais bem como do aparato experimental a serem utilizados. Quando a montagem do aparato era simples e pequena o suficiente para termos vários na sala, os alunos eram divididos em grupos para realizarem o experimento. No caso de um aparato muito grande ou complexo de ser manipulado, o professor manipulava o aparato e a aula era demonstrativa. Durante todo o tempo da aula era dado aos alunos total liberdade para fazerem perguntas e na demonstração do experimento os alunos poderiam sugerir variações na exposição ou na realização do mesmo. Em alguns casos, o experimento era virtual, tal como trechos de um vídeo, demonstração de imagens ou simuladores educacionais. Nestes casos, todos assistiam juntos e analisavam o material antes de iniciar a discussão.

- A segunda etapa iniciava com a manipulação do experimento pelos alunos ou pelo professor e a proposição do problema. Nesta etapa, os alunos analisavam e interpretavam os dados obtidos, propunham hipóteses, discutiam e testavam suas hipóteses construindo o conhecimento. Conforme Oliveira (2013), a aprendizagem se dá de forma mais efetiva quando há oportunidade para a reflexão e os alunos devem sentir respaldados pela investigação tanto pelos seus colegas quanto pelo seu professor.

É importante ressaltar que mesmo os alunos que não propõem hipóteses ou sugerem como testá-las aprendem quando estão compenetrados na investigação do fenômeno (OLIVEIRA, 2013).

- A terceira etapa começava com a entrega de um teste com algumas questões para resolução. Neste processo, os alunos sistematizavam e organizavam o conhecimento à medida que discutiam entre os pares buscando como responder as questões propostas, desenvolvendo as habilidades de comunicação oral e escrita (OLIVEIRA, 2013).

O professor guiava a discussão e auxiliava os alunos a acordarem uma explicação para o fenômeno observado. Neste processo, o professor deve incentivar a utilização da linguagem científica, fazendo assim com que as explicações se tornem progressivamente mais científicas, tanto em forma quanto em conteúdo. Este processo de mudança progressiva de linguagem, passando da linguagem coloquial para a linguagem científica, favorece o aprendizado. Muitos alunos têm dificuldade de descrever o fenômeno observado, mesmo coloquialmente, depois cientificamente e muitas vezes ainda mais dificuldade de passagem para matematização da descrição (CAPECHI, 2013).

Para a sexta aula foi adotada uma dinâmica diferente com revisão de todos os experimentos e propostas de novos experimentos e questões formuladas pelos alunos.

É importante atentar, durante a elaboração das sequências didáticas envolvendo atividades investigativas, para que a estrutura gere espaço para todas as instâncias sociais, envolvendo assim diferentes práticas epistêmicas, tal como a construção de argumentos resultantes do processo de articulações dos dados experimentais e conclusões devidamente fundamentadas pelos conceitos científicos adequados. (SILVA, 2015).

As aulas foram gravadas utilizando dois dispositivos de áudio dispostos em posições estratégicas na sala de aula para melhor captação dos diálogos dos alunos.

As transcrições das falas dos alunos, captadas pelo áudio durante as aulas foram feitas para reconhecer a argumentação de cada um dos alunos separadamente. Esses foram identificados nesse trabalho com a simbologia A1, A2... An.

As respostas obtidas foram analisadas. A análise de conteúdo de Bardin (1977) foi utilizada para alguns conjuntos de respostas. Outras foram apresentadas em gráficos com aplicação de estatística básica com relação a aproximação ou distanciamento do discurso científico, tanto quanto aos aspectos do texto quanto do conteúdo.

Ao término da sequência didática, um questionário de opinião com questões sobre as aulas foi aplicado, para compreender quais as impressões que os alunos tiveram sobre as aulas e sobre o seu aprendizado com relação aos conteúdos ministrados. Após a realização e análise das respostas obtidas nesse questionário, alguns alunos que haviam apresentado respostas diferenciadas foram indagados, na tentativa do pesquisador compreender melhor seus argumentos e elucidar as dúvidas que surgiram.

A escola na qual foi aplicada a sequência didática possui várias turmas de Ensino Médio e 03 professores de Física que ministram para a primeira série aulas teóricas e práticas. O autor e executor desse trabalho ministra aulas teóricas e práticas para algumas turmas.

Para a participação, como voluntários, neste projeto, os alunos de todas as turmas do primeiro ano do Ensino Médio foram convidados. Na sequência didática participaram no total, dezessete alunos (dez do sexo feminino e sete do sexo masculino).

O número total de participantes por gênero está apresentado no gráfico a seguir contido na figura 07:

Figura 07 – Número de Participantes por gênero



Fonte: O autor (2017)

No decorrer da sequência didática observou-se um decréscimo do número de alunos participantes e a ocorrência foi atribuída em virtude do aumento das atividades propostas por outros professores no final do trimestre letivo, gerando conflito de horários dessas atividades com as nossas atividades.

A aula 6 ocorreu no dia de uma comemoração na escola, em que os alunos foram liberados no meio do período matutino para irem às suas casas se prepararem para a festividade, logo poucos alunos conseguiriam ficar na escola para a aula investigativa e ainda assim comparecer a festividade.

Procurou-se desenvolver várias habilidades preconizadas no PCN e PCN+ durante as aulas. Na tabela abaixo estão descritas as habilidades que foram trabalhadas por aula.

A tabela está dividida através das categorias de habilidades e competências, do PCN e PCN+. Lista-se quais habilidades foram trabalhadas assinalando com um “x” abaixo do número correspondente a aula, sendo 1 a aula 1, 2 a aula 2 e assim progressivamente.

Tabela 1: Habilidades e Competências desenvolvidas durante as aulas da sequência didática, conforme o PCN e o PCN+.

	PCN	Habilidades e competências	1	2	3	4	5	6
Investigação e compreensão	PCN	Procurar e sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação-problema.	x	x	x	x	x	x
		Formular hipóteses e prever resultados.	x	x	x	x	x	x
		Elaborar estratégias de enfrentamento das questões.	x		x	x	x	x
		Interpretar e criticar resultados a partir de experimentos e demonstrações.	x	x	x	x	x	x
		Articular o conhecimento científico e tecnológico numa perspectiva interdisciplinar.	x	x	x	x	x	x
		Categoria	x	x	x	x	x	x
	Fazer uso dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia para explicar o mundo natural e para planejar, executar e avaliar intervenções práticas.		x	x	x	x		
	PCN+	Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.	x	x	x	x	x	x
		Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.	x		x	x	x	x
		Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever,		x	x	x	x	x

		avaliar, analisar previsões.						
		Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.	x	x	x	x	x	x
		Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.	x	x	x	x	x	X
Representação e comunicação	PCN	Identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos e experimentos científicos e tecnológicos.	x	x	x	x	x	x
		Exprimir-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta	x	x	x	x	x	x
	PCN +	Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos	x	x	x	x	x	x
		Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.	x	x	x	x	x	x
	Sócio cultural	PCN	Utilizar instrumentos de medição e de cálculo.	x			x	x
Desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais				x				x
Formular questões a partir de situações reais e compreender aquelas já enunciadas.			x	x	x	x	x	x
PCN+		Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico		x	x	x	x	

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

A seguir, serão apresentadas as aulas e os resultados dos testes aplicados nas mesmas e sua análise. Posteriormente será discutido o questionário complementado pela conversa posterior sobre as respostas

diferenciadas e por último, análise do discurso oral que fora gravado durante as aulas.

Para cada uma das aulas as respostas dos alunos aos testes foram analisadas, com base nas categorias propostas a seguir:

- Correta - compatível com o conceito científico - respostas que apresentavam os conceitos corretos, uma explicação adequada e discurso com linguagem científica.
- Parcialmente correta - respostas que possuíam alguma ou uma combinação entre: conceitos incorretos, explicação inadequada e linguagem inadequada.
- Incorreta - distantes do conceito científico - respostas que possuíam conceitos incorretos, explicação inadequada e inadequação da linguagem.

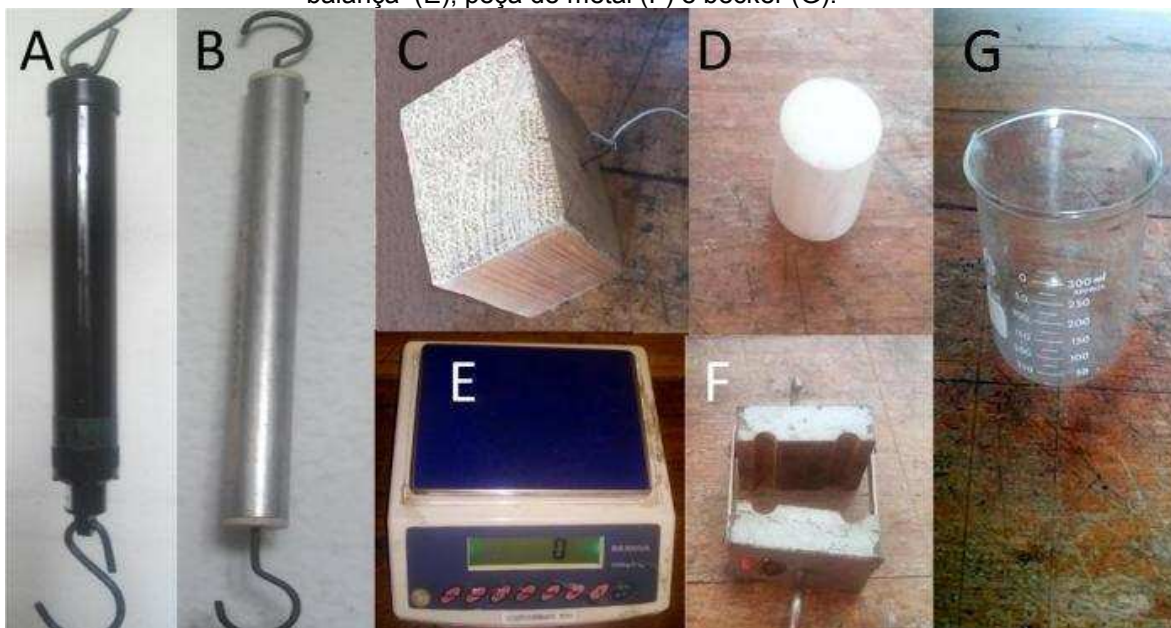
3.1 AULA 1 - CONCEITOS BÁSICOS.

Esta aula foi elaborada com o objetivo de construir e rever conceitos básicos a partir dos conhecimentos que os alunos já possuíam. De acordo com Kelly (2014), um dos maiores desafios de se ensinar ciências através da investigação é que os alunos precisam ter conceitos básicos para adquirir mais conceitos.

Conceitos como área, massa, volume, densidade e forças foram revisados. No entanto, ao contrário do que se esperava com relação aos conteúdos trabalhados no primeiro bimestre na escola, os alunos ainda não haviam visto o conceito de força. Logo este conceito foi construído a partir daquela aula e de outros conhecimentos prévios dos alunos. As idéias de grandezas escalares e vetoriais também foram construídas. Doze alunos estiveram presentes nesta aula com uma duração de cerca de 52 minutos.

Os materiais utilizados (balança, dinamômetros, bloco de madeira preso a uma linha, régua, becker, água, peça de metal, cilindro de cerâmica) estão apresentados na figura 08:

Figura 8 - Dinamômetros (A,B), bloco de madeira preso a fio (C), cilindro de cerâmica (D), balança (E), peça de metal (F) e becker (G).



Fonte: O autor (2017)

Nesta aula foi medido o peso do bloco de madeira usando o dinamômetro com escala interna e posteriormente sua massa utilizando-se de uma balança. A medição da massa dos outros materiais descritos acima foi utilizada para auxiliar na compreensão da densidade, uma vez que os alunos apresentaram dificuldade em diferenciar peso e massa. Realizamos também medidas de volumes dos objetos.

Seguem-se as questões dos testes e as respectivas análises.

Na questão: “Quais grandezas são vetoriais e quais são escalares? Justifique”. Todos os alunos responderam que peso e força eram vetoriais e que massa, densidade, volume e área são escalares. Alguns alunos apresentaram justificativa para sua resposta, a seguir estão exemplificadas as respostas:

“Massa, volume, densidade e área, são escalares, onde não há o como medir o sentido, direção. Peso e forças são vetoriais, tendo direção e sentidos” (A2).

“As únicas vetoriais são peso e força, pois são as únicas que fazem sentido atribuir um sentido e uma direção.” (A5).

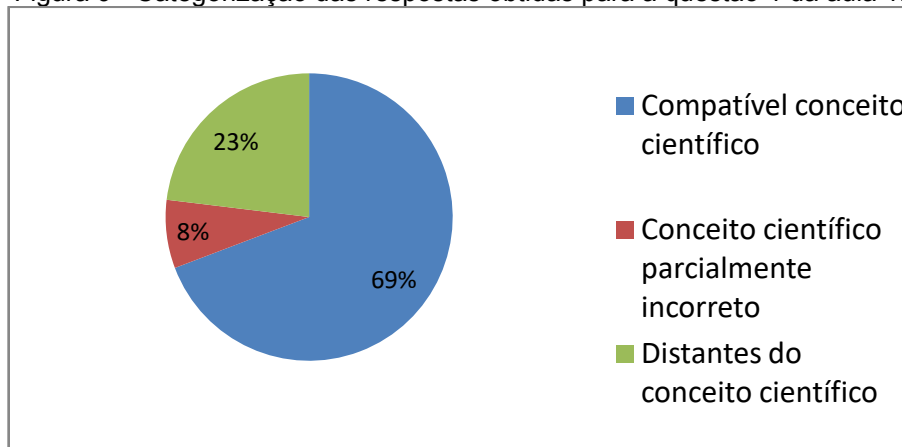
“M,a,d e V são escalares, pois precisa-se apenas do módulo para medi-los e P e F são vetoriais, pois para medi-las precisa-se do módulo , direção e sentido.” (A11)

“Escalares: massa, área, volume, densidade- Não precisam de uma direção. Vetorial: peso e força = dependem de algum tipo de aceleração.” (A10).

“Vetoriais-> peso, força. Porque eles precisam de um sentido (horizontal, vertical).Escalares-> massa, área, volume e densidade. Porque eles não precisam de um sentido para serem medidos“ (A13).

A categorização das respostas obtidas está representada na figura 9. Os resultados exibidos pelos alunos demonstram que esta questão foi clara e a maioria dos alunos alcançou bons resultados.

Figura 9 - Categorização das respostas obtidas para a questão 1 da aula 1.



Fonte: O autor (2017)

Apesar da maior parte dos alunos terem acertado a questão, pode-se observar, através das respostas registradas que alguns alunos tentaram relacionar possibilidades e maneiras de medir a grandeza com o fato de a grandeza ser vetorial ou escalar, tendo dificuldade de argumentar através desta

relação. Um aluno considerava que as grandezas poderiam receber quantidades diferentes de informações em relação a vetores. Dois alunos parecem apresentar dificuldade de compreensão da relação vetorial/escalar buscando analogia com movimento, um retrata que as grandezas são escalares por não possuírem movimento enquanto outro diz que são escalares, pois dependem de aceleração. Os alunos tiveram também dificuldade de compreender sentido/direção, muitas vezes argumentando que uma grandeza seria vetorial por apresentar sentido ou direção.

Respostas compatíveis com o conceito científico: A2, A5, A11, A15, A12, A9, A6,A4.

Respostas com conceitos científicos parcialmente incorretos: A7.

Respostas distantes do conceito científico: A8, A10, A12, A13.

A seguir estão exemplificadas as respostas dadas pelos alunos, conforme a categoria.

Correta - Compatível com o conceito científico:

“Grandezas vetoriais: peso e força, pois necessitam de sentido e direção. Escalares: as outras grandezas, pois não necessitam de sentido e direção para a compreensão.” (A6)

Incorreta - Distante do conceito científico:

“Vetoriais-> peso, força. Porque eles precisam de um sentido (horizontal- vertical).Escalares-> massa, área, volume e densidade. Porque eles não precisam de um sentido para serem medidos.” (A13).

Para essa questão a resposta esperada era:

Grandezas vetoriais: Somente peso e força são vetoriais, porque não são completamente descritas apenas pelo módulo, ambas necessitam de direção e sentido.

Escalares: Massa, densidade, volume e área, pois necessitam apenas do módulo para sua especificação (HEWITT, 2011).

Nesta questão, cinco alunos (A2, A5, A6, A8 e A11) utilizaram sentido e direção em suas respostas, e outros cinco alunos (A4, A7, A10, A12, A13 e

A15) utilizaram somente um dos dois conceitos na resposta. Na linguagem coloquial não há diferença clara entre sentido e direção, alguns dicionários tratam as palavras como sinônimos, como podemos ver nas definições a seguir:

“Direção: 2 rumo: *O marinheiro observava a direção do vento.* Sentido: 8 direção, *A criança apontava algo no sentido do parque.*” (BORBA, 2011, p.441)

“Direção: Em direção a. Dirigindo-se para; rumo a. O menino foi em direção ao parque. Assim que chegou à festa, foi em direção da mesa de doces.” (BECHARA, 2011, p.528).

“Direção: Orientação de um deslocamento ou posicionamento: RUMO. SENTIDO; *Começou a andar em direção às escadas.*; “...para as preces coletivas na direção de Meca”.” (AULETE, 2011, p.500)

“Sentido: 12 Ideia, ponto de vista; direção, pensamento; mira, intento; “17 Maneira especial segundo a qual uma ação se produz ou caminho particular que ela toma ; DIREÇÃO: O sentido em que atua uma força. “(AULETE, 2011, p.1252)

“Sentido: 3 direção. Rumo. sentido leste.” (BECHARA, 2011, p.1042)

“Sentido: 8 direção, *A criança apontava algo no sentido do parque.*” (BORBA, 2011, p.1272)

Mas no vocabulário científico as duas palavras possuem significados distintos:

Direção é o que há de comum num feixe de retas paralelas. Numa mesma direção podemos ter dois sentidos possíveis. Por exemplo, na direção horizontal, temos o sentido da esquerda para a direita e o da direita para a esquerda; na direção vertical, temos o sentido de cima para baixo e o de baixo para cima. É muito comum o uso de placas indicativas, que fornecem direções e sentidos de vários destinos, como mostra a foto de abertura. (RAMALHO; FERRARO; SOARES, 2007, p. 497).

Esta diferença entre a linguagem cotidiana e a linguagem científica dificulta o aprendizado dos alunos, uma vez que o aprendizado deste tópico não é constituído apenas da construção de uma linguagem científica, mas também leva a percepção da diferença entre esta linguagem e a cotidiana e os contextos em que cada uma deve ser utilizada. Acreditamos que esta

dificuldade é semelhante à retratada por Aguiar e Mortimer (2005) sobre calor e temperatura tornando-se necessária a ampliação do perfil conceitual dos alunos.

3.2 AULA 2: INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE PRESSÃO

Nesta aula foi estudado o experimento do regelo. Um fio de nylon fino, com pesos em suas extremidades exercia pressão sobre um bloco de gelo (Figura 10). Este experimento foi acompanhado pelos alunos durante um certo tempo para que esses fossem observando as mudanças no sistema. O tempo não foi suficiente para que o fio atravessasse o gelo, mas o suficiente para observar o regelo. Oito alunos compareceram nesta aula que possuiu a duração de 45 minutos.

Figura 10: Montagem experimental do estudo sobre regelo.



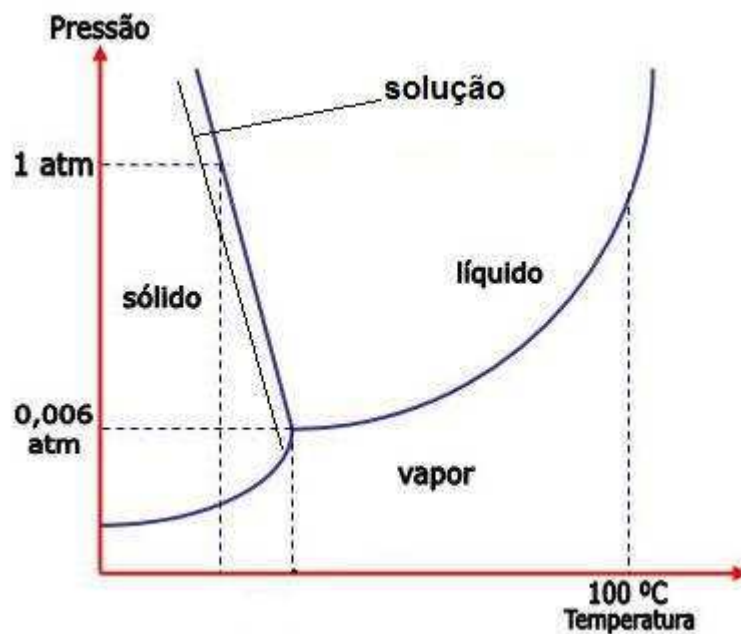
Fonte: O autor (2017)

Em Belo Horizonte, a pressão atmosférica é menor que 1 atm devido a altitude, e a temperatura de congelamento da água pura é um pouco maior que 0°C. Para esse experimento, o gelo foi obtido através do congelamento de água de torneira, ou seja, não se tratava de água pura e, conseqüentemente, essa deveria apresentar um efeito crioscópico com o abaixamento da temperatura de congelamento (figura 11). A pressão exercida pelo fio com peso sobre o gelo comprime o arranjo tridimensional do sólido, alterando a organização das

moléculas de água e as interações intermoleculares. Esse aumento momentâneo da pressão permite a fusão de uma fina camada de gelo formando uma fina camada de água. A água formada permite a movimentação do fio e esse passa a exercer pressão sobre outra porção do gelo. A fina camada de água, tendo grande parte da sua vizinhança imediata, o próprio gelo, solidifica novamente. A solidificação não é um processo entropicamente favorável, mas é observado para esse líquido, nessas condições.

Como pode ser observado na figura 11, o aumento de pressão pode liquefazer a água ou uma solução mesmo sem variação da temperatura.

Figura 11 – Efeito crioscópico



Fonte: autor (2017)

Nesta mesma aula foi exibido um trecho do filme Rei Arthur¹ do tempo 1:13:00 até 1:15:00. As cenas apresentavam pessoas andando sobre um terreno congelado e o gelo começa a trincar devido a intensa pressão causada por um aglomerado de pessoas em uma determinada região. Através deste trecho foi apresentada a ideia de pressão, uma vez que o peso do conjunto não

¹KING, Arthur. Direção: Ricardo Alves Jr. Fotografia: Sławomir Idziak. 110 min, p&b. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=SHe0ExrFKm8>>. Acesso em: 01 Jun. 2016.

mudava, mas o efeito do peso sim, por se altera a área de contato. Ou seja, a mesma força peso concentrada em uma pequena área gerou o aumento da pressão sobre a camada de gelo que não resistiu.

Fotos do Museu de Arte Moderna de São Paulo (figura 12) foram mostradas para estimular a discussão sobre a engenhosidade e os cálculos necessários para a construção de um prédio com tal magnitude sustentado por quatro pilastras e o que ocorreria caso diminuíssem a área de seção reta das mesmas. No caso desta diminuição, o solo poderia não suportar tal pressão e as pilastras penetrarem no solo desestabilizando a estrutura do prédio.

Figura 12 -- Museu de Arte Moderna – São Paulo



Fonte: <https://goo.gl/qCM36f>

Próximo ao final da aula foi exibido um recipiente com líquido composto de amido de milho e água para discutir os efeitos da pressão em outro sistema além da água. Este sistema é considerado um líquido não newtoniano, cuja viscosidade depende da taxa de corte e foi utilizado, haja vista o interesse

demonstrado pelos alunos pelo experimento e a capacidade de estudar mudanças de fase devido a pressão de um modo rápido. Experiências com esse tipo de sistema são fartamente veiculados pela mídia e disponíveis em vários sites no youtube. Tal como relatado por Moreira e Estumano (2016), que utilizaram do mesmo experimento em uma escola pública, os alunos demonstraram entusiasmo e tornou-se perceptível a capacidade de realizar experimentos que despertem a curiosidade dos alunos, aumentando assim o aprendizado usando apenas materiais de fácil acesso e sem necessidade de um laboratório.

Em um líquido, as moléculas deslocam umas em relação às outras e se o líquido for comprimido num espaço fechado ele apresentará resistência à compressão (MASSEY, 2002). Para descrever a deformação e escoamento de um fluido, é necessário explicitar a tensão de cisalhamento (forças tangenciais) e a taxa de deformação. Para se saber mais a respeito dos líquidos não newtonianos precisa se estudar a reologia que é a ciência que estuda a deformação e escoamento dos fluidos.

Duas questões haviam sido pensadas para essa aula, mas como vários alunos necessitaram sair antes do tempo previsto para o final da mesma, a aplicação do teste ficou inviabilizada. Esta necessidade ocorreu porque estes alunos possuíam atividades marcadas por outros professores que não informaram os alunos com antecedência suficiente para nos adaptarmos.

As questões propostas estão explicitadas abaixo:

- 1- Porque o aumento da pressão interna em uma panela de pressão gera maior eficiente no cozimento diferente das panelas comuns?
- 2- Quando pressionamos um prego na ponta sentimos dor. Porque quando sentamos em uma cadeira de pregos não sentimos o mesmo?

Respostas esperadas:

- 1- O aumento da pressão eleva a temperatura de ebulição da água, no interior da panela permitindo assim que a água alcance temperaturas acima de 100°C, acelerando assim o cozimento dos alimentos.

- 2- Em uma cadeira de pregos a força de sustentação do seu corpo está dividida em todos os pregos, desta forma cada um deles exerce apenas uma pequena pressão sobre seu corpo, não causando assim dor ou ferimentos.

3.3 AULA 3: PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Nesta aula foram estudados outros sistemas envolvendo pressão. Doze alunos compareceram a esta aula com duração de 55 minutos.

Os materiais utilizados estão especificados logo a seguir na figura 13:

Figura 13 – Bomba de vácuo (A), hemisférios de Magdeburgo (B), garrafa pet furadas horizontalmente (C), garrafa pet furadas verticalmente (D) e canudos (E).



Fonte: O autor (2017)

Uma bomba de vácuo ligada à tampa furada de uma garrafa pet foi utilizada para mostrar que a garrafa se deformava quando retirávamos o ar que estava em seu interior. Através desta demonstração foi discutida a origem desta força de deformação, levando os alunos a iniciar a construção do conceito de pressão atmosférica. Posteriormente, foram realizadas diversas demonstrações de garrafas pet com diferentes furos (horizontais e verticais) e feito a análise de como ocorre a saída de água das garrafas em virtude da quantidade de orifícios e suas localizações, tal como o fato da garrafa estar ou não tampada.

Nas garrafas destampadas observa-se a vazão contínua da água pelos furos, porque a pressão sobre a superfície do líquido é a pressão atmosférica. Nos pontos internos do líquido dentro da garrafa, a pressão será maior que a pressão atmosférica, pois se tem acréscimo da pressão gerada pelo peso da massa de água acima do ponto.

Na garrafa com os furos em posição horizontal ao se fechar a tampa a vazão é interrompida em todos os furos. Isto ocorre porque quando se fecha a tampa de garrafa, a pressão interna é a causada pela altura da coluna de água somada a pressão da massa de ar que ficou retida no recipiente. A pressão desta coluna de água somada a coluna de ar é menor que a pressão atmosférica e desta forma a água não flui pelos furos, uma vez que os furos estão na posição horizontal, a pressão é a mesma por estarem em um plano isobárico.

Na garrafa com furos na vertical ao fechar a tampa, observa-se vazão apenas no furo inferior. A pressão externa aos furos continua sendo a pressão atmosférica e a pressão interna é causada pela coluna do líquido somada a pressão do ar aprisionado na garrafa. Como a pressão da coluna de líquido no furo inferior é maior do que a pressão gerada no furo superior, o ar entra no furo superior simultaneamente a saída de água no furo inferior. Caso a entrada de ar no furo superior ocorra através da formação de bolhas, no furo inferior a vazão da água apresentará uma pulsação na frequência da formação das bolhas (LONGUINI; NARDI, 2009)

Um trecho do filme “Gravidade”² foi apresentado, a partir da cena da personagem abrindo escotilha pelo lado de fora da estação planetária até o final da pressurização da cabine, cenas entre 37:15 e 38:30 minutos. Esse trecho foi escolhido para demonstrar os efeitos de diferença de pressão em ambientes e ajudar a construção da ideia do vácuo no espaço.

Ao final da aula foi entregue aos alunos, um copo com água e canudos de plástico. Os alunos deveriam tentar beber água utilizando canudos, tal como indicado na figura 14 abaixo:

Figura 14: Montagem experimental para o experimento da sucção de água.



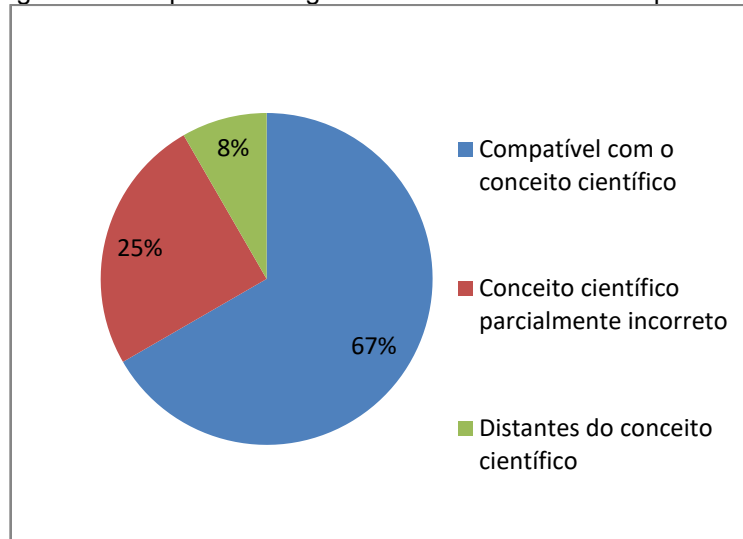
Fonte: O autor (2017)

A primeira questão do teste do dia foi proposta acerca do experimento de tentar beber água simultaneamente através de 2 canudos um dentro da água e um fora, foi solicitado que os alunos se unissem em duplas para realizarem o experimento e responderem à seguinte questão: “*Coloque as duas outras extremidades em sua boca e tente beber água. Explique o que aconteceu e por quê*”. Dois alunos não poderiam permanecer na aula até seu término e fizeram individualmente. Um aluno que poderia ficar até o fim da aula e que não possuía dupla se uniu a uma dupla formando um trio.

As respostas obtidas foram analisadas e categorizadas resultando na figura 15 a seguir:

²(GRAVIDADE. Direção: Alfonso Cuarón. Fotografia: Emmanuel Lubezki. 79 min, p&b. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZA14TGm3uEg>>Acesso em: 01 Jun. 2016.)

Figura 15: Respostas categorizadas dos alunos aula 3 questão 1.



Fonte: O autor (2017)

Respostas corretas - compatíveis com o discurso científico: grupo (A2, A11, A15), grupo (A4, A5, A12) e grupo (A3, A8).

Respostas parcialmente corretas: grupo (A1, A6), aluno (A14).

Respostas incorretas - distantes do discurso científico: A7.

Esse último aluno apresentou dificuldade em se expressar sobre densidade/viscosidade e também sobre pressão e diferença de pressão.

A seguir estão exemplificadas algumas respostas:

Resposta correta - próxima do discurso científico:

“Durante o processo, a sucção da água apresentou maior dificuldade com dois canudos (um para dentro e um para fora) do que com apenas um canudo. Isso ocorre porque para a água subir é necessária uma diferença entre a pressão interna da boca e a pressão atmosférica, e com um dos canudos sugando o ar, fica mais complicado a sucção” (A4, A5, A12)

Resposta incorreta - distante do discurso científico:

“Quando colocamos os dois canudos na água observamos que a água subiu com quase nenhuma resistência. Quando colocamos um canudinho para fora e puxamos, acaba que nossa pressão vai em maior quantidade pro lado onde tem menor peso.”(A7)

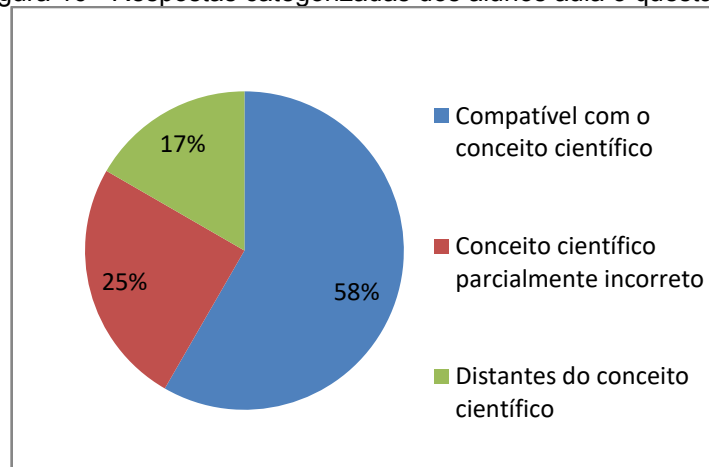
A resposta esperada para essa questão experimental proposta era:

Quando os dois canudos estão imersos no líquido, a sucção com a boca faz com que a pressão no interior destes seja menor que a da atmosfera, e o líquido sobe. Se a extremidade de um dos canudos está fora do líquido, a pressão nesta região é a da atmosfera; a tentativa de diminuir a pressão no interior do canudo imerso no líquido tem como único resultado fazer com que o ar entre pelo outro canudo, mantendo a pressão inalterada. Se não há diferença de pressão entre a parte externa do líquido e o interior da boca, então este não sobe. (BIFFI; CATELLI, 2007, p.45).

Diante da segunda pergunta: *“Se uma garrafa pet com água parcialmente cheia com seu interior à pressão atmosférica é lacrada e colocada no vácuo, o que pode acontecer? Haveria diferença se a garrafa tivesse vazia ou totalmente cheia? Explique.”*

A análise das respostas apresentadas está apresentada no gráfico a seguir (Figura 16)

Figura 16 - Respostas categorizadas dos alunos aula 3 questão 2.



Fonte: O autor (2017)

Respostas compatíveis com o discurso científico: grupo (A2, A11, A15), grupo (A3, A8), grupo (A1, A6).

Respostas próximas do discurso científico: Grupo (A4, A5, A12).

Respostas distantes do discurso científico: (A7), (A14).

A seguir estão exemplificadas as respostas:

Respostas compatíveis com o discurso científico:

“A pressão dentro da garrafa (que corresponde aproximadamente 1 atm) é maior e por isto a garrafa iria explodir, assim como se tivesse totalmente cheia, pois a pressão da água iria expandir a garrafa.”
(A4,A5,A12)

Respostas distantes do discurso científico:

“Já que esta no vácuo, e o peso influencia diretamente $P=Massa \cdot Gravidade$, no vácuo não existe gravidade”. (A7)

Resposta esperada para a questão:

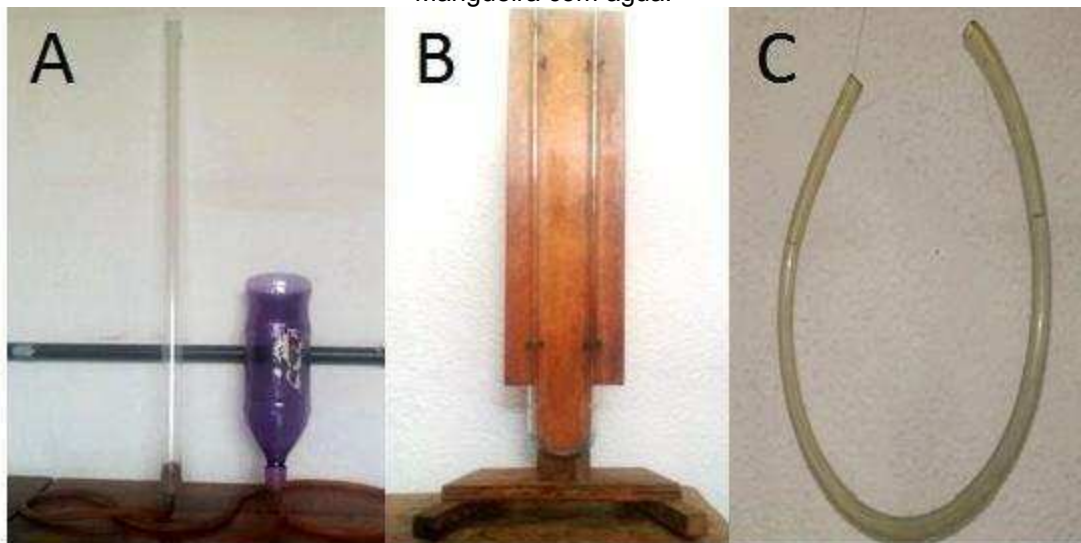
Como a pressão interna é superior a pressão externa, a garrafa pode não resistir a esta diferença de pressão e o plástico romper em alguma região da garrafa. A diferença é que se tiver vazia e romper, teremos somente a expansão do ar que estava na garrafa, diferente do caso da garrafa com água, uma vez que a água irá evaporar devida a baixa pressão externa. (HEWITT, 2011)

Esta questão exigia que o aluno extrapolasse os conceitos trabalhados no laboratório, precisando ser capaz de imaginar uma situação no espaço ou em outro local no vácuo e assim entender as consequências da mudança de pressão. Mesmo que um trecho do filme Gravidade tenha sido trabalhado, ainda assim, imaginar a garrafa com pressão atmosférica no vácuo se mostrou desafiador.

3.4 AULA 4: PRESSÃO E VASOS COMUNICANTES

Para ampliar o conceito de pressão outros sistemas, tal como vasos comunicantes, foram estudados. Nesta aula, compareceram oito alunos, cuja duração foi de cerca de uma hora. Os materiais utilizados para as montagens experimentais estão especificados na Figura 17 a seguir:

Figura 17 - (A) Tubo de vidro conectado a garrafa pet por mangueira; (B) Sistema com mangueira em U, contendo uma mistura heterogênea de água com corante e óleo mineral; (C) Mangueira com água.



Fonte: O autor (2017)

Através destes experimentos, foi estudado o comportamento de um fluido em dois sistemas interligados.

Considerando um recipiente com diferentes ramos que comunicam entre si na base, um líquido sobe a mesma altura em todos os ramos e conseqüentemente a pressão no fundo será a mesma em qualquer ponto.

Um tubo em U com dois líquidos de densidades diferentes que não se misturam, subirão a alturas diferentes em relação a um plano (NUSSENZVEIG, 2002). Ambos estão submetidos à pressão atmosférica e considerando dois pontos a uma mesma altura no tubo, os líquidos estarão submetidos a uma mesma pressão.

Foi utilizado inicialmente o experimento da mangueira com água indagando os alunos para que este instrumento poderia servir. Um aluno citou o “nível” usado por pedreiros na construção civil. Quando a mangueira com água está em repouso vemos que a altura da coluna de água é a mesma nos dois lados. Quando um dos lados é elevado, é criado um desnível. Assim a água flui do lado mais alto para o outro até ambos os lados alcançarem novamente a mesma altura.

O segundo experimento utilizado foi a montagem com o tubo de vidro conectado a garrafa pet por mangueira. Este experimento exemplifica o paradigma hidrostático, em que estruturas conectadas em repouso submetidas à pressão atmosférica têm fluidos a uma mesma altura independente do formato ou área da seção reta.

No terceiro experimento realizado foi utilizado o sistema com mangueira em U. Iniciamos mostrando que nesta nova situação a água estava no mesmo nível horizontal, então adicionamos lentamente uma solução de água com corante em um dos lados. Devido ao fato da solução ser mais densa que a água, o nível da água onde o corante foi adicionado ficou inferior ao lado oposto. Esta diferença se reduziu com o tempo conforme a solução com o corante se misturava com a água, até o ponto em que não havia mais uma diferença perceptível. Após a completa dissolução do corante foi adicionado óleo mineral a um lado do tubo e analisado a diferença da altura das colunas de líquido, tal como o fato desta diferença não mudar com o tempo, devido ao fato do óleo não se misturar na água.

Para responder às questões dos testes, foi solicitado aos alunos que se unissem em duplas, porém duas duplas que estavam na mesma mesa trabalharam juntas e acabaram formalizando apenas uma resposta. Na primeira questão: *“O que ocorreria às duas colunas de água com a mesma altura se fosse adicionado cuidadosamente álcool (miscível em água) em apenas uma delas? Descreva”*

É importante ressaltar a importância da descrição que o álcool foi adicionado cuidadosamente. Ao se adicionar cuidadosamente o álcool em um tubo com água, a área de contato entre os dois fluidos é pequena, desta forma irá demorar para os dois líquidos estarem completamente misturados.

A dupla (A5, A12) obteve a resposta esperada, compatível com o discurso científico.

“Inicialmente por o álcool ser menos denso que a água, a coluna que ele foi adicionado, ficará maior temporariamente, após a dissolução do álcool, as colunas apresentaram o mesmo nível, pois a pressão dos dois lados tende a ser a mesma. Densidade álcool 0,8 densidade da água 1.”

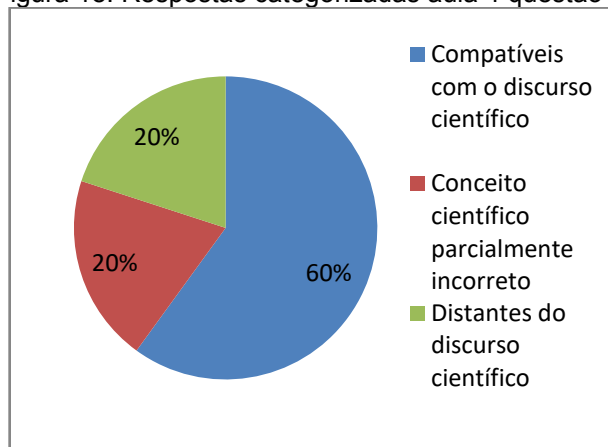
As duplas (A2, A7) e (A11, A8) obtiveram respostas compatíveis com o discurso científico, porém um pouco inferior à resposta da dupla citada anteriormente.

A dupla (A1, A6) não compreendeu questão se adicionar cuidadosamente o álcool inicialmente haveria uma diferença de altura.

“Não há diferença de altura por se tratar de dois líquidos, sendo um miscível no outro, as duas colunas da solução teria a mesma altura.” (A1, A6)

Esta dupla respondeu incorretamente a questão, apesar de terem apresentados os princípios físicos adequados, não conseguiram vislumbrar o fenômeno que ocorreria. No gráfico a seguir está apresentado a análise das respostas obtidas (Figura 18).

Figura 18: Respostas categorizadas aula 4 questão 1.



Fonte: O autor (2017)

Sobre a segunda pergunta: “Qual a diferença de altura de uma coluna de líquido de Xcm de água para uma coluna de álcool considerando a sua densidade igual a $0,8\text{g/cm}^3$?”

A dupla (A1, A6) argumentou que não haveria diferença de altura por ser miscível, a dupla (A5, A12) não cometeu nenhum erro na resolução matemática da questão exibindo corretamente a relação das alturas das colunas de líquido, porém não percebeu que deveria calcular a diferença de altura e o grupo (A2, A7, A11, A8) chegou ao resultado correto.

Ressalta-se que na escola onde foi aplicada esta atividade investigativa, a física é ensinada sem foco na matematização de fenômenos, assim a transposição da teoria para as equações e suas posteriores resoluções não é uma transição comum para estes alunos. Muitos dos alunos apresentam dificuldade matemática, tanto nas aulas investigativas quanto nas aulas convencionais. Esta dificuldade trazida do ensino fundamental dificulta a compreensão e resolução das questões quantitativas, uma vez que o conhecimento de operações simples é necessário. Esta dificuldade no ensino fundamental está presente no ensino brasileiro como um todo (DA SILVA; SAMPAIO, 2016).

A Resposta esperada para a questão:

A pressão em qualquer ponto do líquido pode ser determinada por: $P_L = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$, e se as pressões são iguais em uma mesma profundidade, pode-se obter a relação: $P_{atm} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = P_{atm} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$. Logo $\rho_1 \cdot h_1 = \rho_2 \cdot h_2$, guardando uma relação entre suas densidades (OLIVEIRA; MORS, 2009).

Considerando o ponto A na superfície de intersecção entre álcool e água e o ponto B na mesma altura em relação a base do objeto, tem-se:

Ponto A: Pressão = $\rho(\text{álcool}) \cdot g \cdot h_1 + P_{atm}$

Sendo g a gravidade e h_1 a altura da coluna de álcool.

Ponto B: Pressão = $\rho(\text{água}) \cdot g \cdot X + P_{atm} = g \cdot X + P_{atm}$

Observando que os pontos A e B estão no mesmo líquido e pertencem ao mesmo plano horizontal, temos, segundo o teorema de Stevin:

$$P(A) = P(B)$$

$$0,8 \cdot g \cdot h_1 + P_{atm} = g \cdot X + P_{atm}$$

$$0,8 h_1 = 1X$$

Logo $h_1 = 1,25X$, a diferença de altura pode ser expressa por:

$$h_1 - X = 1,25X - X = 0,25 X.$$

A diferença de altura entre as colunas é igual a 0,25 da altura da coluna de água. (XAVIER; BENIGNO, 2010, p.54)

Resposta da dupla A5, A12:

- Qual a diferença de altura de uma coluna de líquido de Xcm de água para uma coluna de álcool considerando a sua densidade igual a 0,8g/cm³?

The image shows handwritten work on lined paper. At the top, the question is repeated. Below it, the student writes the equation $1h_1 \cdot 10 = 0,8 h_2 \cdot 10$. This is simplified to $10h_1 = 8h_2$. Then, a ratio is shown: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{8}{10}$, which is simplified to $\frac{4}{5}$. This is then written as $\frac{h_1}{h_2} = \frac{4}{5} \rightarrow h_1 = \frac{4}{5} h_2$. The student then substitutes $h_1 = X$ into the ratio, resulting in $\frac{X}{h_2} = \frac{4}{5}$. Solving for h_2 , the student gets $h_2 = X \cdot \frac{5}{4}$. Finally, the result $h_2 = 1,25 X$ is boxed.

Fonte: O autor(2017)

Observa-se que os alunos chegaram corretamente na relação da altura das colunas de líquido, porém não chegaram à diferença das alturas.

3.5 AULA 5: EMPUXO

Nove alunos compareceram a esta aula que durou cerca de 50 minutos. Para o estudo do empuxo foram utilizados os materiais que estão descritos e apresentados na figura 19:

Figura 19: Bacia, bloco de madeira maciço, bloco de madeira maciço preso a um fio, bloco de madeira com um cilindro oco, cilindro de cerâmica, peça de metal.



Fonte: O autor(2017)

A aula foi iniciada com a discussão sobre quais objetos flutuariam e quais iriam submergir. Foi mostrado cada um dos objetos disponíveis citados acima e os alunos apresentavam a expectativa quanto ao que iria acontecer com o objeto ao serem colocados na bacia com água. Logo após a discussão sobre o objeto, o experimento era realizado. Este processo se repetiu com todos objetos mostrados acima e somente o bloco de madeira maciço preso a um fio flutuou.

Após esta discussão, foi solicitado aos alunos que tentassem submergir os objetos na água “pura” e depois em solução de água com sal. Outros objetos foram incluídos por proposição dos alunos, tais como régua, borrachas e garrafas plásticas de diferentes volumes.

A partir deste momento os alunos foram levados a analisar quais fatores influenciavam o empuxo. Após a conclusão dos fatores relevantes e as grandezas envolvidas, os alunos iniciaram a construção de uma equação utilizando ideias de proporcionalidade entre estas grandezas.

Devido ao fato de que a equação do empuxo é composta apenas do produto das grandezas envolvidas e todas com expoente um, após algum tempo os alunos foram capazes de chegar a esta equação e testá-la.

Inicialmente os alunos chegaram à conclusão que a densidade do material definia a sua flutuação. A maior dificuldade encontrada foi levar os alunos a compreenderem a ideia da densidade de um objeto composto por

vários materiais. Foi realizado um experimento utilizando um tubo de ensaio no qual podia-se controlar a quantidade de água em seu interior e através dele os alunos construíram a ideia da densidade total ou densidade resultante, sendo esta a soma de todas as massas, dividido pelo volume total. Após este experimento, os alunos chegaram rapidamente à compreensão de que a flutuação deveria depender dos fatores: volume total, massa total e gravidade.

Neste ponto os alunos foram levados a analisar a relevância do volume submerso do objeto ao invés do volume total, progredindo assim na compreensão do fenômeno, percebendo que na análise do empuxo sobre um corpo, o volume fora do fluido não é relevante.

Os alunos foram apresentados a um experimento mental em que supúnhamos uma quantidade de água envolvida por um plástico muito fino a ponto de desconsiderarmos sua massa e perguntados se colocássemos este cubo de água dentro de um recipiente com água se ele iria submergir ou flutuar. Eles responderam que iria permanecer onde estava. Quando perguntados sobre o somatório das forças no corpo concluíram que o empuxo deveria ser igual ao peso do bloco de água.

A percepção dos alunos da incoerência no fato de um corpo submerso no mesmo material de que é constituído aumentar ou diminuir sua profundidade os levou a noção que o empuxo tem que ser igual ao peso do volume do líquido, assim rapidamente concluíram que na equação deveriam utilizar o volume do líquido deslocado, uma vez que a mesma força que manteria este líquido em equilíbrio afetaria o corpo submerso. No caso de um corpo parcialmente submerso, este volume submerso é igual ao volume do líquido deslocado, logo a força que o corpo irá sofrer é igual a força que manteria este líquido em repouso, sendo assim o próprio peso do líquido.

Assim construíram a equação enunciando que o empuxo seria em módulo igual ao peso da água que o objeto deslocou, logo $E = V \cdot \rho \cdot g$, utilizando as mesmas variáveis usadas no capítulo 2.

O processo de construção da equação ocorreu em muitos e variados turnos e dessa forma optamos por apresentá-lo de uma forma resumida.

Os alunos debateram as questões propostas e ao final da aula redigiram individualmente as respostas.

A primeira questão realizada foi: “*Que situações você já vivenciou envolvendo o empuxo?*” *Cite e comente.*

Todas as experiências descritas nas respostas refletiam empuxo, muitas se referiam à força e houve explicações corretas do fenômeno descrito. Nenhuma inadequação das respostas foi detectada.

Oito alunos relataram o empuxo em piscinas, citando o uso de bóias ou a sensação de afundar objetos e a descrição do movimento do objeto quando solto. Alguns novamente retrataram que se sentiram mais leves diante do empuxo. Dois alunos retrataram o empuxo em gases, o aluno A11 foi capaz de extrapolar e citou sobre a flutuação de um balão a gás, compreendendo fluidos não só em líquidos e o aluno A6 citou em sua resposta: “*Constantemente sofremos o empuxo do ar atmosférico*”.

Consideramos três categorias de respostas baseadas nos conceitos respondidos. Analisamos quais respostas continuam os termos 1- Fluidos. 2- forças ou empuxo, 3- ação e reação. Na tabela 2 abaixo mostramos quais alunos citou cada uma das três categorias.

Tabela 2 - Categorias presentes nas respostas dos alunos.

	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A11	A12	A16
Fluido	x	x	x						x
Forças/empuxo	x	x	x		x		x	x	x
Ação e reação	x	x	x		x	x	x		x

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

O aluno A5 não usou nenhum dos conceitos ao redigir a sua resposta, a sua resposta está transcrita a seguir:

Porque a compressão que o bloco faz na água é sempre na mesma direção que o peso do bloco. Só muda se o peso também mudar de sentido, coisa que não ocorre na terra. (A5)

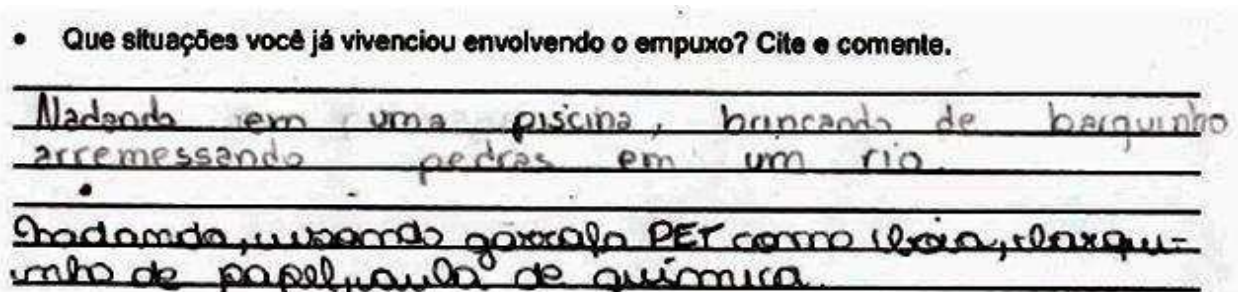
Três alunos utilizaram todos os conceitos em suas respostas. Resposta do aluno A3:

“Sim, o empuxo é uma força de reação exercida por um fluido que fornece uma resistência ao corpo nele inserido. O seu módulo é semelhante ao peso do corpo”.

Um aluno relatou a força que a água fazia impedindo que o objeto fosse submerso, a sua resposta, redigida em linguagem científica adequada, está transcrita a seguir.

“Ao tentar boiar na piscina, ao tentar afundar objetos na água, pude notar que a água fazia uma força impedindo que o objeto afundasse.” A12

Abaixo está a resposta dada pelos alunos A3 e A16:



Fonte: O autor(2017)

3.6 AULA 6: EXPLORAÇÃO ADICIONAL DOS TEMAS ANTERIORES

Essa sexta e última aula teve a duração de 1 hora e 40 minutos e seis alunos compareceram.

Foram reapresentados os seguintes experimentos: hemisférios de Magdeburgo utilizados na aula 3, o experimento usado para o estudo do empuxo descrito na aula 5 e a montagem da garrafa acoplada ao tubo de vidro para estudo de vasos comunicantes.

Nesta aula, os alunos deveriam formular questões sobre os experimentos, formaram duplas e dispunham de 15 minutos para analisar cada experimento e produzir uma questão sobre o mesmo. Eles não precisariam saber a resposta para a pergunta formulada e caso quisessem, poderiam criar mais de uma pergunta sobre aquele experimento/ conteúdo.

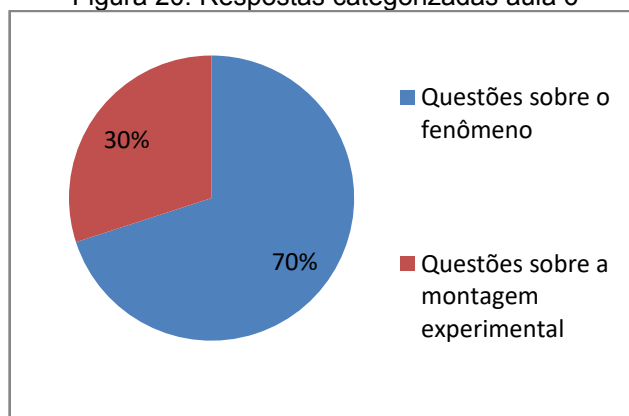
Nesse sentido, é incentivado o desenvolvimento desse tipo de atividade, em que os alunos elaboram questões, planejam e desenvolvem experimentos

para testar suas hipóteses e chegam a construir novos conceitos em meio a interações e debates entre colegas.

Nesta aula, incentivou-se mais intensamente o desenvolvimento da habilidade e competência: “Formular questões a partir de situações reais e compreender aquelas já enunciadas” (PCN). Ao pedir aos alunos para elaborarem questões formalmente, incentivando o uso da linguagem escrita, de planejar e desenvolver experimentos visando testar suas hipóteses e construir novos conceitos ao interagirem e debaterem com seus colegas, busca-se que os alunos sejam capazes de criar suas próprias perguntas e maneiras de respondê-las, tornando assim agentes de seu próprio aprendizado.

As questões formuladas versaram sobre as montagens experimentais e sobre os fenômenos conforme apresentadas no gráfico a seguir.

Figura 20: Respostas categorizadas aula 6



Fonte: O autor (2017)

A bomba de vácuo e seu funcionamento foram temas de várias questões, assim como, o motivo para adicionar óleo na entrada e saída de ar.

A maioria dos alunos não sabia a resposta para as perguntas que elaboraram, porém, relataram posteriormente nos questionários que todas estas respostas foram alcançadas durante a aula.

Pelas perguntas formuladas, conclui-se que os alunos foram capazes de extrapolar os conhecimentos adquiridos.

A seguir estão apresentados alguns exemplos das perguntas formuladas:

“Uma bomba a vácuo, em seu tubo de entrada, por que é necessário colocar óleo sem aditivo até um certo nível e assim como no tubo de saída há um líquido? Explique” (A2, A11)

“A tensão superficial exerce dificuldade para os objetos entrarem na água. É possível que ela exerça a mesma dificuldade para esses objetos saírem da água?” (A5, A12)

Na redação das perguntas alguns alunos explicaram previamente o funcionamento do experimento e perguntaram sobre o motivo deste funcionamento:

“Sabe-se que ao ligar um sistema de bomba de vácuo nos hemisférios de magdeburgo a pressão exterior fica maior que a inferior, dificultando a separação dos hemisférios. Por que?” (A2, A11)

3.7 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

O questionário de opinião foi aplicado para dez alunos após o término da sequência didática. Neste questionário foram feitas perguntas visando obter a visão dos alunos sobre as aulas investigativas e seu aprendizado do conteúdo trabalhado. A análise das respostas permitirá contornar possíveis inadequações na sequência didática aumentando assim sua eficiência para uma aprendizagem efetiva dos conteúdos.

A seguir estão apresentadas as questões contidas no questionário e as respostas dos alunos:

1) Você gostou de participar dessas aulas com atividades investigativas? Justifique.

Todos os alunos responderam que sim, alguns usaram justificativas como: as aulas serem mais interessantes, estimulantes, esclarecedoras,

interativas, práticas, incentivava a curiosidade ou que eram mais próximas do dia a dia deles. Exemplos:

“Sim. Pois os possíveis problemas são colocados para nós e criamos nossos próprios pensamentos e, as vezes, nos colocamos um “problema”, sempre com o professor orientando, direcionando.” (A2)

“Gostei bastante, pois isso incentivou nossa criatividade e o interesse nas atividades.” (A7)

2) O que foi investigado?

As respostas obtidas estão apresentadas no gráfico a seguir (figura 21):

Figura 21 - Temas investigados na sequência didática no ponto de vista dos alunos participantes.



.Fonte: O autor (2017)

O número de alunos que mencionaram cada assunto consta no gráfico 9. Ressalta-se que nove alunos responderam a esta questão e muitos alunos citaram múltiplos assuntos em concordância com o que foi abordado.

3) Você percebeu ocorrência de aprendizagem dos conteúdos de física?

Todos os alunos disseram que sim. Alguns argumentaram dizendo que aprenderam bem, aprofundaram o conhecimento, e alguns disseram que aprenderam através da prática ou da análise de experimentos.

Exemplos:

“Basicamente sim, o aprendizado foi baseado nas análises dos experimentos.” (A7)

“Sim. As investigações que fazíamos nos levava a compreender alguns fenômenos explicados pela física. (A14)”

4) Dos tópicos trabalhados houve algum deles que você preferiria aula expositiva? Quais? Por quê?

A maioria dos alunos não sabia o que era aula expositiva e assim não souberam o que responder. Uma vez percebido este fato, os alunos foram convidados a responder novamente a questão após a explicação do que era uma aula expositiva, porém desta vez eles responderam oralmente e esta conversa foi transcrita. Essas conversas com os alunos foram realizadas em diferentes horários, algumas foram individuais e outras em pequenos grupos.

Após esta explicação sobre aula expositiva, apenas um aluno respondeu que gostaria que a aula tivesse uma parte expositiva.

Parte da transcrição onde o aluno se refere a sua preferência:

A2- Eu acho investigativo é bom quando você está vendo um conteúdo novo, não precisa ter ninguém te explicando, como você tá vendo um conteúdo novo aí você vai começar a criar suas próprias ideias.

A6- Isto é que eu não gosto. Porque isto tipo, eu fico com vícios errados entendeu, muitas matérias, principalmente de exatas eu fico com vícios errados, que eu não sei. “será que eu posso fazer isto”? Porque eu não tenho a base (...).

O aluno A6 relata neste momento e em momentos anteriores da conversa que a falta de uma formalização inicial expositiva dificulta sua capacidade de continuar.

No trecho anterior percebe-se a preferência do aluno A2 pela aula prioritariamente investigativa e o interesse do aluno A6 pela aula parcialmente investigativa. Sabe-se que podemos obter um resultado satisfatório em aulas parcialmente investigativas, mas sendo apenas um aluno dos dez que participaram da sequência didática e respondeu o questionário, há maior preferência pela aula totalmente investigativa. (SAUNDERS-STEWART et al., 2015).

Na conversa sobre as respostas do questionário, o aluno A7 disse que procurou na internet durante o preenchimento do questionário para saber o que era aula expositiva e então respondeu o questionário dizendo: *“se deu certo daquele jeito, porque a gente vai mudar o jeito?”*.

5) Você gostaria ter manipulado mais os experimentos utilizados?

Como não foi solicitado justificativa para esta resposta, muitos alunos responderam apenas sim ou não e alguns alunos justificaram. O gráfico a seguir consta o percentual das respostas dadas.

Figura 22 - Desejos dos estudantes sobre experimentos.



Fonte: O autor (2017)

A seguir estão apresentadas algumas justificativas elaboradas:

“O tempo dado foi suficiente.” (A8).

“Não, pois quase sempre havia tempo para manipula-los e pudemos manipular muitos na ultima aula.” (A11).

“Mesmo já sendo participativa sim, eu gostaria de manipular mais os experimentos utilizados.” (A14)

O aluno A2 respondeu:

“Por mais que não manipulamos todo o tempo, cada aluno citou a sua visão, seu pensamento e feita pelo professor.”

Quando perguntado se esta resposta consistia em uma resposta sim ou não, ele disse que era um mais ou menos, sim e não.

O aluno A7 redigiu a seguinte resposta:

“Sim, acredito que seria interessante nos também montarmos os experimentos.”

Na conversa sobre esta resposta, o aluno disse que gostaria não só que os alunos montassem o experimento na aula, mas que eles também propusessem um experimento para o estudo do tema, trazendo assim uma demanda pessoal diferenciada.

Transcrição deste trecho:

“A7- Acho que, por exemplo, se cada um montar, daria pra montar do jeito dele e inventar outra pergunta pra aquilo, porque às vezes quando a gente está montando pode surgir outras dúvidas sobre como o experimento é montado e formar outras hipóteses”.

Professor: montar o experimento que estava lá ou criar um novo?

A7- tanto faz, os 2.

Professor: Como você pensou?

A7: dos dois jeitos, ah quero experimentar tal coisa, como eu faço pra montar um experimento que explique isto?”.

6) Você gostaria que houvessem mais experimentos durante a aula?

Nesta pergunta houve uma gama de respostas devido a diferentes compreensões da pergunta. Alguns compreenderam que a pergunta era sobre maior diversidade de experimentos e outros sobre um maior número de exemplares do mesmo experimento. Outros compreenderam que se referia a experimentos durante as aulas na escola, se referindo assim a uma demanda de mais experimentos em outras matérias.

Algumas respostas dadas:

“Nas aulas de física e química já temos muitos experimentos, mas gostaria que tivesse em outras disciplinas.” (A12)

“A quantidade de experimentos realizadas nas aulas foi em ótima quantidade, tendo como fato o tempo, com grande quantidade de experimentos não daria tempo de aborda-los com profundidade.” (A6)

“Praticamente toda a aula era experimental, não acho que seria necessários muitos outros experimentos mas, preferiria realizar variados experimento a ficar muito tempo em apenas um.” (A14)

Observa-se um contraste entre as respostas dos alunos A6 e A14, um demonstra maior interesse de abordar com profundidade um assunto enquanto o outro visava analisar uma maior gama de experimentos.

O aluno A5 relatou que se houvesse mais experimentos “não teria aula”, e em uma conversa posterior explicou que quis dizer que não teríamos tempo para uma investigação mais profunda e que realizar um experimento sem chegar a explicação ficaria muito vago.

7) O que mais lhe ajuda a entender os conceitos: simulações no computador ou experiência no laboratório?

Sete alunos responderam “Experiências no laboratório” e um aluno justificou:

“As experiências no laboratório, por mais que o simulador traz mais variações, e a prática no laboratório nem tanto, o experimento no laboratório nos traz a realidade despertando interesses”.(A2)

Dois alunos responderam “Simulações” e ambos justificaram:

“Simulações no computador, pois não ocorrem interferências, o que facilita o aprendizado”. (A8)

“Aprendo mais com as simulações devido sua praticidade.”(A5)

Um aluno respondeu:

“Experiências no laboratório, acompanhadas de simulações no computador”. (A14).

8) O tempo das aulas foi suficiente?

Três alunos disseram que não, destes dois se justificaram:

“Gostaria que fossem mais longas, os assuntos e experimentos realmente ganharam minha atenção.”(A4)

“Acho que deveriam ter mais tempo para esquematizar o conteúdo trabalhado.” (A14).

Salientamos que os alunos da escola em questão possuem em sua maioria aulas geminadas, e normalmente relatam que aulas ministradas em apenas um horário são muito rápidas.

Em conversa posterior com o aluno A14, este relatou sentir falta de uma revisão dos temas trabalhados ao final da aula e gostaria de mais tempo para que isto fosse possível.

Seis alunos responderam que sim e um justificou:

“Foram, porém para um melhor aprofundamento dos conteúdos, seria melhor um tempo mais extenso.” (A6)

9) Você gostaria de ter feito mais perguntas? Se sim, por que não fez?

Nove alunos responderam que não, algumas justificativas estão apresentadas a seguir:

“Não, meus colegas conseguiram perguntar as dúvidas que tive.” (A8)

“Não. Fiz todas as perguntas que vinham na minha cabeça. Não que eu me lembre, mas pode ser que em algum momento eu tenha deixado de perguntar algo por timidez e vergonha de interromper a discussão.”(A14)

“Não. Fiz todas que tive vontade.” (A5)

Somente um aluno respondeu que queria ter feito mais perguntas, a resposta dada foi:

“Sim, por falta de conseguir elabora-las e concretizar os pensamentos.” (A6).

Na conversa sobre o questionário o aluno A6 relatou que esta é uma dificuldade presente em todas as matérias, não somente em física ou na aula investigativa.

10) Alguma pergunta que você formulou ficou sem resposta? Qual?

Todos os alunos disseram que não e alguns argumentaram tal como o A15:

“Nenhuma, todas foram respondidas.”

11) Quais sugestões você tem para melhorar ainda mais as aulas?

O global das sugestões está apresentado a seguir:

“Mais interatividade dos alunos nos experimentos.” A6

“Poderíamos ter ciência das respostas das perguntas que ganhamos no final da aula, pois isso iria aumentar nosso conhecimento sobre o assunto.” (A11).

“Acho que estão boas assim”(A8)

“Para melhorar ainda mais a aula sugiro, uma maior organização para realização dos experimentos e que as aulas tenham um momento final

com uma discussão e esquematização do conteúdo e sua explicação ficassem mais claros depois da aplicação.” A14

“Que a aula pudesse abranger mais conteúdo.”(A4)

“Envolver mais matemática” (A5)

“Apenas ser atentado por todos a conclusão final.”(A2).

Este aluno A2, em conversa posterior, esclareceu o motivo de sua sugestão:

“Ai tinha a base que você passa no primeiro dia de aula, ai eu achava que o conteúdo, pra mim pelo menos, às vezes ficava meio vazado, porque todo mundo dava as suas ideias, mas às vezes não conseguíamos chegar numa conclusão, mas acho que pode ser até algo particular” A2

“Talvez, a ampliação de outros assuntos nos experimentos.” (A7).

O aluno A7, também na conversa posterior, explicou o que quis dizer com ampliação de outros assuntos:

“Aumentar o número de, em vez de falar só de empuxo, juntar tudo que tem a ver não só com empuxo, mas tudo que tem a ver com a física que está agindo ali, não deixa tipo, nossa vamos focar no empuxo, eu não sei...porque eu gosto de misturar tudo, de saber um pouquinho de tudo, que por exemplo saber as coisa que agem naquele fenômeno, por exemplo numa equação matemática agem um monte de coisas, multiplicação e tal, mas pra gente saber estas coisas, tem que saber umas coisas anteriores., mais básicas, ai tipo, pra criar e olhar o assunto, olhar desde a base e ir construindo. Nas outras matérias acontecer a mesma coisa, eu acho legal.”(A7)

12) Você considera que as interações com os colegas e com o professor foram satisfatórias durante as aulas:

Nove alunos responderam que sim e alguns justificaram. Algumas das justificativas estão apresentadas a seguir:

“Foram, embora houvesse poucos alunos nas aulas.”(A12)

“Sim, foi uma interação construtiva, os quais os dois lados aumentaram positivamente seus conhecimentos.”(A6)

“Sim, os alunos foram bem participativos e houve boa interação com estes e o professor.”(A11)

“Sim, porém os experimentos poderiam ser realizados em roda.” (A7)

“Foram bem satisfatórias, já que os alunos e o professor conservam bons modos e disciplina.”(A8)

O aluno A8 relatou em conversa posterior ao questionário que ele queria dizer que bons modos é: “discutir de modo claro, saber ouvir a ideia do outro, é tipo assim, a gente não discutiu, em hora nenhuma a gente brigou, isto deixou mais claro a discussão em si e estas coisas assim”.

Um aluno relatou que não foram satisfatórias e justificou:

“Não considero satisfatórias, mesmo sendo realmente muito boas, sinto que alguns alunos poderiam ter dado mais contribuições e outros terem ficado um pouco mais quietos (ou um pouco menos palpitativos) para dar oportunidade e abertura para outras opiniões críticas e questionamentos.” (A14)

3.7.1 Análise das transcrições:

Inspirados pela abordagem dada por Silva (2015), as transcrições foram analisadas visando identificar as práticas epistêmicas dos alunos que ocorreram durante as aulas.

As normas sociais do conhecimento científico são divididas entre apresentação, compreensão-crítica, critérios públicos e constituição de igualdade. As práticas epistêmicas são divididas em proposição, comunicação, avaliação e a legitimação. Estas práticas priorizam o exercício da criticidade ao se realizar as normas sociais. Este processo permite a apreciação e avaliação acerca do desenvolvimento escolar dos processos epistêmico, evidenciando a possibilidade da abordagem das disciplinas científicas incentivar o contato com conceitos e práticas das ciências (SASSERON; DUSCHL, 2016).

Entendemos como pratica epistêmica: "Práticas sistêmicas são identificadas como aquelas que estão envolvidas nas ações de produção, comunicação e avaliação do conhecimento". (SILVA; MORTIMER, 2016, p.7).

Durante as aulas investigativas os alunos interagem entre si, e a construção deste espaço de interações auxilia no aprendizado dos alunos:

Nosso entendimento é que o estabelecimento de um espaço de interações discursivas autenticamente relacionadas à disciplina ciências permite que os estudantes façam parte de investigações em que práticas epistêmicas são trabalhadas para a construção de entendimento sobre conceitos científicos e, por isso, aprendam também sobre como proposições científicas são construídas, avaliadas e legitimadas. (SASSERON; DUSCHL, 2016, p. 58).

Foi utilizada a contagem de turnos, cada turno de fala corresponde à fala de um indivíduo. Será exposto o número de turnos na aula como um todo. Visa-se com esta contagem de turno, analisar o percentual de participação do professor e dos alunos durante a aula. Momentos inaudíveis ou com muitas falas simultâneas impedindo a compreensão das frases individuais serão expostos como inaudíveis e não participam da contagem de turnos. Trechos de fala inaudíveis dentro de uma fala audível serão mencionados quando necessário.

Os alunos foram representados como An, exceto nos casos em que suas vozes estavam indistinguíveis, nestes casos foi utilizado F ou M como generalização de voz masculina ou feminina.

Nos vários turnos em que os alunos descreviam o que ocorreu no experimento realizado, esta atividade não está inclusa em nenhuma prática epistêmica.

Os trechos abaixo pertencem à aula cinco, que retratava o empuxo, serão analisados principalmente os trechos que relevam conflito epistemológico.

No primeiro trecho a ser analisado vê-se os alunos buscando construir uma hipótese para explicar a flutuação de materiais em uma bacia de água pura e outra com água salina saturada. As práticas epistêmicas mais comuns foram configuração de hipóteses e avaliação.

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
110	A2: Boiou completamente, ele voltou	

111	Professor: Deu diferença	
112	A2: Deu diferença .	
113	A12: Qual que é a lógica?	
114	Professor: Muita diferença né.	
115	A5: O transferidor afundou e a régua...	
116	A14: É água com sal, tem diferença	Construindo dados, apresentando próprias ideias, configurando hipótese
117	A14: Não tem lógica isso.	Criticando declarações de outros;
118	A12: Mas é o mesmo material do transferidor.	Usando conceito para configurar anomalias, avaliando consistência das informações
119	F: É o formato, sei lá.	Configurando hipóteses
120	A14: Gente, não.	
121	Professor: É o mesmo material, mas ele pode ter densidade diferente, ele pode ter outra coisa diferente, não?	
122	A12: O mesmo material ter densidade diferente?	
123	A5: Pode, a água pode ter densidades diferentes	Justificando as próprias conclusões
124	F: A água quando ela tem alguma coisa já não é água	Criticando declarações de outro
125	A12: Não, é o material	Configurando hipótese

Trecho 1

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
126	Professor: A gente acha que é o mesmo material, mas a gente não consegue comprovar que é o mesmo material precisamente entendeu, tem alguma madeira que afunda?	
127	A14: Ah, então tá	
128	M: Tem	
129	A12: Tem, nem tudo boia	
130	A2: Não sei se é a maciça, mas tem alguma madeira que afunda, não sei falar o nome dela	Contrastando as previsões/hipóteses próprias ou alheias com “evidências” do dia a dia.

Trecho 2

Vê-se no trecho acima que o aluno A12 parece conhecer alguma madeira que não flutua, porém não relata isto com clareza.

No trecho abaixo, os alunos discutem sobre objetos feitos do mesmo material que possuem características diferentes de flutuação. O termo densidade ainda não está frequente na discussão. É interessante vermos que o aluno A5 se expressa bem concluindo porque adicionar água em uma garrafa

faz com que ela afunde, mas nenhum dos outros alunos entende ou concorda com sua explicação.

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
174	A5: Acontece que a densidade, ela é massa sobre volume, se você tá aumentando a massa da garrafa colocando água dentro, então ela vai afundar.	Concluindo/checando hipóteses
175	A14: Não, vei	
176	A12: A massa não depende do volume.	Criticando declaração de outros

Trecho 3

No próximo trecho o aluno A12 relata um fato visual que pode ter influência na compreensão do fenômeno e posteriormente alguma aluna apresenta uma conclusão precipitada, ao concluir que se algo flutua tem a mesma densidade do meio.

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
181	Professor: Se eu coloco uma coisa como essa, aqui.	
182	A2: Ela flutua	
183	A12: Mas um lado dela afunda mais que o outro	Construindo dados
184	Professor: Sim, e agora?	
185	F: Boiou, ta boiando	
186	A14: Flutua	
187	F: Então tem a mesma densidade.	Concluindo/checando hipóteses

Trecho 4

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
193	A5: A massa desse sistema ela mudou pra um mesmo volume e continua boiando	
194	Professor: Sistema mudou pra um mesmo volume?	
195	A5: É tipo, você tem um recipiente, você tem um recipiente com uma massa e volume, você aumenta a massa desse recipiente e com mesmo volume e não afundou	Analisando consistência das informações, usando conceitos para configurar anomalias.
196	A12: A densidade tinha que aumentar, a densidade aumenta, fica superior a da água, tinha que afundar.	Analisando consistência das informações, usando conceitos para configurar anomalias.
197	Professor: A densidade ficou maior que a da água?	
198	A12: Não, esse é o negócio porque você tem que, você tem que seguinte não importa se a densidade aumentar, se ela continuar menor que a da água vai continuar sem afundar	Concluindo/negociando explicações para os resultados experimentais obtidos

Trecho 5

Um aspecto a ser ressaltado é o esforço do professor para destacar as frases dos alunos que deveriam ser levadas ao conhecimento dos outros

alunos. Sempre que o professor falava os alunos faziam silêncio, desta forma quando o professor perguntava algo diretamente a um aluno, este era ouvido com mais atenção pelos outros. Ao repetir parte da pergunta do aluno A5 e posteriormente do aluno A12 de modo que ambos retomassem o raciocínio e explicassem para o professor e assim consequentemente para turma seu ponto de vista, o professor conseguiu ressaltar pontos da discussão que eram importantes ou retomar um assunto que estava desaparecendo da discussão.

É importante ressaltar também que neste trecho o professor apenas incentiva pontos chave e com isto incentiva que os alunos interajam e discutam entre si, negociando significados. Neste processo de negociar significados e explicações, os alunos aprendem e vivenciam aspectos relevantes que se encontram na base das investigações científicas reais (SASSERON; DUSCHL, 2016).

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
212	A14: Não é mais densa, a garrafa que tem uma densidade menor e o volume dela. (...) Resto da frase indistinguível.	Início de configuração de hipótese
213	A12: Isso que eu tô falando, ela pode até ter uma densidade grande material, só que como o volume é muito grande ela tá dentro, aí a água [Indistinguível 11:50] vou pegar uma bolinha de plástico também. Eu acho que ela boia.	Negociando explicações, levanta hipótese, executando estratégias orientadas por planos ou objetivos
214	A14: Afunda	
215	A12: Porque quando você joga, por exemplo, bola na água, você bate a bola e não afunda.	Contrastando as ideias ou hipóteses alheias com evidências do dia a dia

Trecho 6

No turno 212 o aluno A14 inicia a formulação de uma hipótese, porém como outros alunos falam simultaneamente não foi possível certificar a hipótese formulada.

No trecho acima, percebe-se que o aluno A12 criou um experimento para testar sua hipótese quando diz “vou pegar uma bolinha de plástico também. Acho que ela boia”. Neste trecho a liberdade do aluno de propor e realizar experimentos por conta própria, se tornando agente do próprio aprendizado.

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
219	Professor: Imagina que eu pegue, esse, um material deixa pegar essas garrafas pra utilizar, pode ser um	

	tubo de ensaio, eu coloco ele com ar dentro, ele flutua, quando eu encho ele de água, ele afunda né?	
220	A5: Uhum	
221	Professor: A densidade do vidro mudou?	
222	A5: Não	
223	Professor: O que que mudou?	
224	A5: A densidade [Indistinguível]	Construindo hipóteses
225	A12: A densidade total	Construindo hipóteses
226	Professor: O que?	
227	A12: A densidade total	Construindo hipóteses
228	Professor: Então quando eu for fazer essa análise de empuxo e de que flutua ou afunda, eu tenho que pensar na densidade do quê?	
229	A12: De tudo	Construindo hipóteses
230	A5: De tudo	Construindo hipóteses
231	Professor: Depende do material em si que eu tô usando?	
232	A5: Não	
233	Professor: Eu acho que esse é o ponto que a gente tem que partir. A gente pensa, tem uns navios que são feitos de metal, metal afunda ou flutua?	
234	A2: Afunda	
235	Professor: Afunda, então por que um barco de metal flutua?	
236	A14: Ar dentro	Contrastando as previsões/ alheias com “evidências” do dia a dia.
237	Professor: Mas e aí? Por que que esse ar faz diferença?	
238	A2: Densidade total [indistinguível 13:12]	
239	Professor: Então se a gente tiver que pensar na densidade total e não na densidade do material por si só, como eu faria pra analisar se uma coisa flutua ou não no total?	
240	A14: Somando as massas tudo?	Construindo hipóteses
241	Professor: Você falou das massas? E aí? O que você pensa?	
242	A5: Como definir a massa?	
243	Professor: Então se eu pegasse qualquer substância, se eu pegasse sei lá, a garrafa com um pouco de ar e um pouco de areia como que você faria pra saber se vai flutuar ou não?	
244	A12: Mede o volume e a massa	Utilizando conceitos para planejar e realizar ações
245	Professor: Oi?	
246	A12: Massa da areia e divide o volume [Indistinguível 13:49]	
247	A5: Massa atual pelo volume atual	
248	A12: Porque a massa do ar é desprezível, então é só o volume.	Construindo hipóteses; justificando as próprias conclusões;
249	A2: Professor, não tem areia	
250	A14: Você pega, e você pega a massa, a massa da garrafa e pega a massa da areia, aí você soma tudo e divide pelo volume.	Utilizando conceitos para planejar e realizar ações
251	Professor: A gente viu aqui que algumas coisas, é,	

	agora eu quero que vocês tentem através do que eu tô discutindo aqui construir uma equação, pra, pra essa, o que flutua e o que não flutua. Certo? Acha que vocês conseguem fazer isso?	
--	---	--

Trecho 7

Nos turnos anteriores ao turno 219 os alunos estavam estagnados em sua investigação, neste ponto o professor aumenta o nível de guia para que os alunos consigam alcançar a compreensão do fenômeno.

Para o sucesso das aulas investigativas precisa-se de maneiras viáveis para apresentar perguntas e problemas. Assim, deve-se elaborar bem o problema ou realizar a pergunta certa á uma característica chave para obter bons resultados (KELLY, 2014). Quando o professor pergunta sobre o tubo de ensaio, os alunos rapidamente chegam na conclusão da relevância de tratar da densidade total, conceito que ainda não havia surgido na discussão.

No turno 244, o aluno A12 apresenta uma ideia ainda inacabada, vê-se que em sequência, no turno 245 o professor pergunta como se não tivesse entendido a fim de que o aluno A12 formule melhor sua resposta. A explicação posterior no turno 246 é clara e expressa o procedimento a ser realizado.

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
371	Professor: Olha só, o volume total foi quanto?	
372	A2: Quatrocentos e, quatrocentos e quanto?	
373	A12: Setenta e cinco	
374	A2: Quatrocentos e setenta?	
---	Professor fazendo contas com os alunos, falas individuais indistinguíveis 33:00 até 33:15]	Construção de dados.
375	Professor: O ponto é, essa porcentagem que vai da ali vai ser quanto?	
376	A2: 70%	
377	A14: Deu 0,76842105	
378	A2: 76%	
379	A14:76	
380	Professor: Seria muito interessante se eu conseguisse é, marcar ele o que foi molhado e o que não foi molhado. Olha só, se eu colocar ele aqui, eu consigo saber o quanto que foi submergido, parece coerente com 75%?	
381	A2: Parece	Analisando consistência das informações
382	A12:Parece	Analisando consistência das informações
383	A14: Mais ou menos	Analisando consistência das

		informações
384	A2: Parece 60% embaixo d'água	Analisando consistência das informações
385	Professor: Ou seja, é muito difícil de perceber inicialmente porque está em baixo d'água e a gente não vê direito, a gente tem problema em relação a isso	
386	A12: Marca o bloco	Articulando conhecimento técnico na execução de ações.
387	Professor: Exatamente, vocês conseguem ver algum dispositivo que consiga marcar o bloco? Indistinguível 34:43 até 34:55]	
388	A12: Alguém tem um durex?	
389	A2: tem um prego ai ó	
390	Professor: Olha só, tá vendo a parte molhada?	
391	A14: Não tô vendo daqui ó	
392	Professor: Olha debaixo d'água, tem uma parte muito molhada e tem uma parte que tá só molhada	
393	A14: Ah, tô vendo!	
394	Professor: É coerente?	
395	A2: É coerente com 75%	Analisando consistência das informações
396	A14: Parece sim	Analisando consistência das informações

Trecho 8

Nesta parte da transcrição nota-se, novamente, o aluno A12 propondo métodos para análise dos dados e realização de procedimentos no laboratório, isto nos mostra o desenvolvimento da sua capacidade de guiar o seu aprendizado e de sozinho engajar em mais investigações, ao propor experimentos, métodos e coleta de resultados.

O objetivo principal educacional das investigações não é somente alcançar modelos, conceitos ou procedimentos, mas desenvolver a capacidade para um aprendizado futuro. Através da interação dos alunos com a natureza e a sociedade, eles são capazes de desenvolver um aumento em sua capacidade de aprender e criar novas ideias. A educação através da investigação deve desenvolver a habilidade para engajar em mais investigações (KELLY, 2014).

Outro fator importante a frisar é a coerência das teorias criadas e das medidas realizadas pelos alunos com o auxílio do professor que os leva a perceber que se adequa a realidade vista. Construir a teoria e utilizá-la matematicamente muitas vezes não traz a realidade do que está sendo feito, neste caso consegue-se levar os alunos à transposição da teoria até análise da coerência dos resultados calculados com o resultado do experimento prático.

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
416	Professor: Só um detalhe enquanto vocês fazem isso, é, a gente tava trabalhando com empuxo na água, teria como ter empuxo em outro fluido?	
417	A12: Sim	
418	A5: Sim, a gente passa pelo efeito do empuxo do ar então sim.	Justificando as próprias conclusões.

Trecho 9

Neste trecho, o aluno A5 responde sobre o empuxo no ar, tema que não foi trabalhado durante a aula, nota-se assim sua capacidade de extrapolar o que foi aprendido, ligando o empuxo aos conceitos anteriores.

Nos trechos acima, vê-se situações de conflito epistemológico quando os alunos discutem durante a aula. Situações de conflito ou tomada de consciência das contradições mobilizam estudantes na criação e desenvolvimento de idéias científicas. O reconhecimento de contradições é um momento crucial no processo de mudança conceitual. Há dois tipos de conflito, cada um possuindo uma forma específica de superação e pode ser gerado com diferentes estratégias para o ensino:

1. conflitos entre as concepções dos estudantes e os resultados experimentais disponíveis;
2. conflitos entre diferentes estruturas conceituais utilizadas para interpretar um mesmo evento ou conjunto de eventos. (AGUIAR; MORTIMER, 2005, p.180)

Durante os trechos acima, percebe-se vários momentos de conflito em que os alunos discordavam da explicação dada por outro aluno, que as hipóteses propostas não eram compatíveis entre si e em outros momentos as previsões dos alunos não se confirmavam.

Turno	Transcrição	Prática epistêmica
429	A12: Se eu não souber e der uma resposta idiota tem problema?	
430	Professor: Não existe resposta idiota não, só respostas diferentes.	

Trecho 10

Destaca-se no trecho exposto acima que o aluno A12 ainda estava com receio de errar. Ressalta-se a importância do comportamento do professor em tentar remover este receio mostrando aos alunos presentes que não precisam se preocupar com suas respostas ou hipóteses estarem corretas de acordo com o científico.

3.7.2 Análise da porcentagem de turnos

Foi realizada a contagem de turnos total e a contagem de turnos por parte das aulas. As aulas foram divididas em 5 partes, sendo elas: (1) Introdução, (2) apresentação do(s) experimento(s), (3) introdução de questionamentos, (4) discussão dos alunos e teste e (5) enceramento, respectivamente.

Exibiremos abaixo a tabela com o número de turnos de fala por parte em todas as aulas. A coluna azul representa o número de turnos de fala do professor, enquanto a linha verde clara representa os turnos dos alunos.

Tabela 3: Porcentagem de turnos por partes de cada uma das aulas.

	Aula 1		Aula 2		Aula 3		Aula 4		Aula 5		Aula 6		TOTAL	
Parte 1	6	9	7	11	9	12	1	10	1	0	1	2	25	44
Parte 2	0	0	19	37	14	14	8	16	1	1	2	1	44	69
Parte 3	196	234	180	161	135	203	215	567	70	172	78	152	874	1489
Parte 4	17	12	5	10	2	28	93	915	70	103	253	1400	440	2468
Parte 5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	4	5	6
TOTAL	219	255	211	219	160	257	317	1508	143	278	338	1559	1388	4076
TOTAL %	46,20	53,80	49,07	50,93	38,37	61,63	17,37	82,63	33,97	66,03	17,82	82,18	25,40	74,60

Fonte: O autor (2017)

Um dos objetivos das aulas investigativas é colocar os alunos no centro do processo de ensino e aprendizagem. A parcela da investigação realizada realmente pelo estudante está diretamente ligada a liberdade que lhe for oferecida, assim o professor deve auxiliar na execução de práticas e oferecer “feedback” ao aluno de modo a guiá-lo em seu caminho (SASSERON; DUSCHL, 2016).

Analisando a porcentagem de participação do professor nas aulas, percebe-se que no início permeava 50% e posteriormente se reduz ficando entre 17% e 40%, mostrando o grau de liberdade dos alunos que em todas as aulas tiveram mais turnos de fala que o professor. É importante ressaltar que inúmeros turnos foram dados como inaudíveis, sendo em sua maioria devido a falas simultâneas dos alunos, falando em baixo volume ou distantes do gravador. Assim os erros fazem com que o número de falas real dos alunos sejam maiores que o apresentado acima.

Para Kelly (2014), aulas investigativas ocorrem ao conduzir uma investigação sobre a natureza. Estas investigações contêm participantes que em sua maioria não sabem o resultado do experimento. É um processo dialético onde se pesquisa a solução para uma situação problemática, caracterizado por estudantes engajados em questões cientificamente orientadas, formulando e avaliando evidências e explicação e comunicando os resultados. A pesquisa não está limitada aos cientistas profissionais em seus trabalhos, pois outros membros da sociedade podem ser vistos engajados em práticas científicas. Fala-se de investigação onde se aprende teoria e prática ou vê-se a pedagogia das aulas investigativas sobre ciência onde a intenção é construir conhecimento sobre a natureza da ciência. Normalmente estes pontos são colocados juntos, onde aprender conteúdo e práticas através de investigações também informa os estudantes sobre a ciência ao engajar nas práticas constituindo uma atividade científica (KELLY, 2014).

As aulas foram compatíveis com a definição acima, os alunos em sua maioria não sabiam do resultado dos experimentos, foram orientados e apresentaram episódios epistêmicos de construção do conhecimento, comunicação e avaliação. Formularam hipóteses e construíram os conceitos científicos através do desenvolvimento dos experimentos, argumentação e compartilhamento de significados aprendendo assim, sobre como proceder em pesquisas científicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho desenvolveu-se e aplicou-se uma sequência didática sobre hidrostática aos alunos do primeiro ano do Ensino Médio visando o aprendizado da cultura científica, dos conceitos de física e a alfabetização científica.

A investigação apresentada se deu através da análise das transcrições realizadas através da gravação do áudio das aulas, análise dos testes realizados e do questionário aplicado.

Na análise de dados foram expostas as respostas dos alunos aos testes e o questionário, os dados sobre presença e turnos de fala e a transcrição de trechos das aulas visando o estudo das atividades epistemológicas desenvolvidas pelos alunos durante as aulas.

Os resultados alcançados mostram que os alunos interagiram construtivamente entre si e com o professor, conseguiram construir conceitos científicos e teorias utilizando de seus conhecimentos prévios através das interações na sala.

As respostas ao questionário indicam que os alunos reagiram positivamente à metodologia utilizada e a preferiram em relação à metodologia tradicional usada nos outros conteúdos. Os alunos relataram que a interação em sala foi satisfatória e adequada. Nota-se que há necessidade de uma formulação mais apropriada das perguntas realizadas ao final da aula e do questionário, uma vez que em alguns casos respostas foram divergentes devido à baixa compreensão das perguntas realizadas.

Quando perguntados no questionário sobre sugestões, obteve-se diversas propostas, a maioria dos alunos propôs que as aulas futuras possuíssem um momento final para conclusão sobre os conceitos aprendidos, de forma a organizar e moldar o conhecimento para uma concepção mais formal. Vê-se todas as propostas metodológicas como viáveis para aplicações futuras, destacando o pedido dos alunos para uma aplicação metodológica semelhante em outros conteúdos da física tal como em outras áreas do conhecimento.

Ressalta-se também o desejo de muitos estudantes de uma sequência didática envolvendo ainda mais outras áreas do conhecimento, focando na interdisciplinaridade das ciências e da matemática, vendo assim que os estudantes vivem a escola como um todo, diferentemente da sua estrutura que visa separar os conteúdos. O desafio de ensinar ciência inclui compreender como aproximar as disciplinas entre si de modo ainda sustentado pelas decisões curriculares e pedagógicas das escolas (KELLY, 2014).

Pode-se concluir que houve um processo de alfabetização e enculturação científica analisando as transcrições e a argumentação oral e escrita dos alunos, tal como o aprendizado sobre uso de instrumentos, tomada de dados e concepção sobre a construção social do conhecimento científico e aquisição de conceitos da física.

A análise dos áudios juntamente com a análise do comportamento em sala de aula indica que oportunizou-se o desenvolvimento das competências e habilidades dos alunos propostas no PCN e PCN⁺.

Os resultados também podem ser úteis aos professores que planejam ou adotam as atividades práticas investigativas. A sequência didática aplicada pode auxiliar a criação e o desenvolvimento destas atividades em sala de aula, sujeita às mudanças necessárias para se adequar a realidade dos alunos e da escola. Ressalta-se que a realização de atividades investigativas não necessita de laboratórios equipados ou materiais de alto custo. Esta sequência pode ser reproduzida utilizando apenas matérias de baixo custo e produzidos pelo próprio professor ou pelo professor com auxílio dos alunos. Salienta-se também que estas características não são únicas para a sequência didática, a investigação em si fora de laboratórios e usando apenas materiais de baixo custo é aplicável em outras situações e disciplinas.

Por fim, a experiência ao conduzir esta pesquisa mostrou que as aulas investigativas podem ser utilizadas visando vários objetivos diferentes. O engajamento dos estudantes nas investigações cria um olhar diferenciado sobre os conteúdos a serem estudados, sobre a comunidade científica e esses se apropriam e compartilham dos significados dos conceitos científicos. Contudo, a

utilização de tal metodologia exige preparo para saber as perguntas que devem ser feitas em cada momento e muita atenção a discussão dos alunos para saber como e quando intervir.

REFERÊNCIAS

ABIB, M. LUCIA VITAL DOS SANTOS. Por que os objetos flutuam? Três versões de diálogos entre as explicações de crianças e as explicações científicas. In: CARVALHO, A. M. P. DE (Ed.). . **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 93–110.

AGUIAR, O. G. J.; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 179–207, 2005.

AMARAL, I. A. Conhecimento Formal , Experimentação E Estudo Ambiental. **Ciências & Ensino**, v. 3, p. 10–15, 1997.

AULETE, F. J C. **Novíssimo Aulete dicionário contemporaneo da língua portuguesa Caldas Aulete**. Rio de Janeiro: Lexikon, 2011.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). . **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira, 2004. p. 19–33.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BECHARA, E. **Dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora nova fronteira, 2011.

BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. DE. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento , sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30–59, 2014.

BIFFI, BRUNA ANTUNES; CATELLI, F. Tomando refrigerante ... com dois

canudos? **Física na escola**, v. 8, n. 1, p. 45, 2007.

BORBA, F. S. **Dicionário UNESP de português contemporâneo**. Curitiba: Piá, 2011.

BRASIL, M. DA E. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRICCIA, V. Sobre a natureza da ciência e o ensino. In: CARVALHO, A. M. P. DE (Ed.). . **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 111–128.

BRITO, J. X et al. O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo (1654). **Gazeta da física**, v. 3, n. 2, p. 50–53, 1954.

CAPECCHI, M. C. V. DE M.; CARVALHO, A. M. P. DE. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de ...**, v. 5, n. 3, p. 171–189, 2000.

CAPECCHI, M. C. V. DE M. Problematização no ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. DE (Ed.). . **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 21–40.

CARVALHO, A. M. P. DE. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. DE (Ed.). . **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1–20.

CARVALHO, P. S.; SOUSA, A. S.; PAIVA, J.; FERREIRA, A. J. (Orgs.). **Ensino Experimental das Ciências: um guia para professores do ensino secundário**. Porto: U. Porto, 2012, p. 15-17.

CINDRA, J. L. Um esboço da história do conceito de trabalho virtual e suas aplicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 3601.01-

3601.12, 2008.

COELHO, S. M.; NUNES, A. D. Análise de um texto do século XVII, “A grande experiência de equilíbrio dos líquidos”, de Pascal: aspectos do método experimental e reflexões didáticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 1, p. 24–28, 1992.

CORTAZAR, A. C. **Los hemisferios de Magdeburgo**. Disponível em: <<http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Curiosid2/rc-108/rc-108.html>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

DA SILVA, F. LUIZ; SAMPAIO, H. R. DESEMPENHO DE ALUNOS DE OITAVO ANO NA PROVA BRASIL. **Revista Signos**, v. 37, n. 1, p. 68–81, 2016.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Tópicos de física, 1: mecânica**. São Paulo: Saraiva, 2007.

DOS SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas cts em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007.

FERREIRA, L. M.; PEDUZZI, LUIZ ORLANDO DE QUADRO. Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 261–278, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 33. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

GIOPPO, C.; SCHEFFER, E. W. O.; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Educar em Revista**, n. 14, p. 39–57, 1998.

GONÇALVES, D. **Física: mecânica**. 3. ed. Rio de Janeiro: ao Livro Técnico, 1979.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física, Volume 1**. São Paulo: Makron Books, 1997.

KELLY, G. J. Inquiry Teaching and Learning: Philosophical Considerations. In: **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014. p. 1363–1380.

KELLY, G. J.; MCDONALD, S.; WICKMAN, P. Science Learning and Epistemology. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K.; MCROBBIE, C. J. (Eds.). . **Second International Handbook of Science Education**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 281–291.

KOCK, Z.-J. et al. Creating a culture of inquiry in the classroom while fostering an understanding of theoretical concepts in direct current electric circuits: a balanced approach. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 13, n. 1, p. 45–69, 11 fev. 2015.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85–93, 2000.

LAVOSIER, A. L. **Tratado elementar de química**. São Paulo: Madras, 2007.

LONGUINI, M. D.; NARDI, R. Como age a pressão atmosférica? Algumas situações-problema tendo como base a história da ciência e pesquisas na área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, 19 maio 2009.

MARTINS, R. DE A. Tratados físicos de Blaise Pascal. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência [série 2]**, v. 1, n. 3, p. 1–168, 1989.

MARTINS, R. DE A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115–121, 2000.

MASSEY, B. S. **Mecânica dos Fluidos**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem - Marco Antonio Moreira**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA, P. S.; ESTUMANO, G. D. S. Socialização de experimentos de ciências naturais em escolas de ensino fundamental i e ii do município de cameté-pa: um incentivo educacional para professores e alunos. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 6, n. 1, p. 107–118, 2016.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 1, p. 7–19, 1998.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Anomalies and conflicts in classroom discourse. **Science Education**, v. 84, n. 4, p. 429–444, jul. 2000.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. DE C. E. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 9, n. 1, p. 89–111, jun. 2007.

NUSSENZVEIG, H. **Curso de Física Básica: Fluidos, oscilações, ondas e calor**. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA, J. BATISTA ARAUJO E. **Tecnologia educacional: teorias da instrução**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973.

OLIVEIRA, CARLA MARQUES ALVARENGA DE. O que se fala e se escreve nas aulas de Ciências? In: **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 63–76.

OLIVEIRA, L. D. DE; MORS, P. M. **Mecânica dos Fluidos: Uma Abordagem Histórica**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009. v. 20

RAMALHO, F. J.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. DE T. **Os Fundamentos da Física**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. DE (Ed.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 41–62.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: A proposição e a procura de indicadores no processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52–67, 8 ago. 2016.

SAUNDERS-STEWART, K. S. et al. Student outcomes in inquiry: students' perspectives. **Learning Environments Research**, v. 18, n. 2, p. 289–311, 2015.

SHAPIN, S.; SCHAFFER, S. **El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental**. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial, 2005.

SILVA, A. D. C. T. INTERAÇÕES DISCURSIVAS E PRÁTICAS EPISTÊMICAS EM SALAS DE AULA DE CIÊNCIAS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 69–96, nov. 2015.

SILVA, F. A. R.; MORTIMER, E. F. **Atividades Investigativas na educação superior**. Curitiba: Appris, 2016.

SILVA, V. M. DA et al. Impacto do uso de estratégias investigativas sobre as emoções e a motivação dos alunos e as suas concepções de ciência e cientista. **Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 17–34, 2015.

SOUZA, P. V. T. DE et al. Densidade: Uma Proposta de Aula Investigativa. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 120–124, 2015.

SYMON, K. R. **Mecânica**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 2. ed. São Paulo: Martins Editora, 2007.

XAVIER, C.; BENIGNO, B. **Física aula pro aula, volume 2**. São Paulo: FTD, 2010, p.54.

ZÔMPERO, A.; LABURÚ, C. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Rev. Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 67–80, 2011.

ANEXO A: TERMO DE ASSENTIMENTO

TERMO DE ASSENTIMENTO - TA

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “**Atividades Investigativas no Ensino de Física**”. Nesta pesquisa pretendemos desenvolver aulas investigativas como opção metodológica visando a melhoria da aprendizagem dos conceitos de física. Situações problemas e questões de Física serão debatidas e resolvidas por vocês com mediação do professor. Essas aulas serão filmadas e gravadas para posterior transcrição dos debates e as imagens serão resguardadas com garantia de sigilo das suas identidades.

Esta pesquisa não apresenta nenhum risco físico, no entanto você poderá se sentir inicialmente constrangido(a) por alguma questão formulada relacionada ao conteúdo da aula, que por ventura não saiba responder ou ainda se sentir inibido(a) em debater o conteúdo em grupo. Nesses casos o pesquisador poderá lhe esclarecer melhor incentivando a sua participação na aula para que se dissipe o constrangimento ou inibição inicial.

Para participar deste estudo, seu responsável legal deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. A participação neste estudo não envolverá nenhum custo, nem você receberá qualquer vantagem financeira, mas terá o benefício de contribuir para essa pesquisa visando a melhoria do ensino de Física. Você tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou seu responsável legal de retirar o consentimento ou interromper sua participação, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a permissão de seu responsável legal.

Este termo de assentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável na Universidade Federal de Viçosa e a outra ficará com você.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, telefone de contato e/ou celular _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**Atividades Investigativas no Ensino de Física**” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e o meu responsável legal poderá modificar sua decisão sobre minha participação se assim o desejar. Já assinado o termo de consentimento por meu responsável legal, declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Nome do Pesquisador Responsável: Regina Simpício Carvalho Universidade Federal de Viçosa Telefone: 031 3899 4886 resicar@ufv.br

Nome do Pesquisador Executor: Arthur Schelb Filippini Telefone: 031 9153 7457 arthur.filippini@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-2492

Email: cep@ufv.br

www.cep.ufv.br

ANEXO B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: Arthur.filippini@ufv.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) participante _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “**Aulas Investigativas No Ensino De Física**”. Nesta pesquisa pretendemos desenvolver aulas investigativas como opção metodológica para melhorar o aprendizado. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: Serão ministradas aulas investigativas para os alunos que implicam debate entre os alunos e resolução de questões. As aulas terão o áudio gravado para posterior transcrição do debate entre os alunos e as imagens serão resguardadas com garantia de sigilo do nome dos alunos, resguardando suas respectivas imagens.

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em riscos inerentes a vida e a realidade escolar.

A pesquisa contribuirá para o desenvolvimento desta metodologia visando um ensino significativo na aprendizagem dos conteúdos de física.

A participação neste estudo não envolverá nenhum custo nem o(a) voluntário(a) receberá qualquer vantagem financeira. O(A) participante tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou o(a) Sr.(a) de retirar seu consentimento e interromper a participação do voluntário sob sua responsabilidade, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A participação dele(a) é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição e do participante quando finalizada. O(A) participante não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. O nome ou o material que indique a participação do voluntário não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, nesta instituição e a outra será fornecida ao Sr.(a).

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a identidade do participante com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à

Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____,
telefone de contato _____, responsável pelo(a) voluntário(a)
_____, autorizo sua
participação e declaro que fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**Aulas Investigativas No Ensino De Física**” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão se assim o desejar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Belo Horizonte , _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Responsável Legal pelo Participante

Assinatura do Pesquisador

Nome do Pesquisador Responsável: Regina Simplício Carvalho
Telefone: 031 3899 4886
Email: resicar@ufv.br

Nome do Pesquisador Executor: Arthur Schelb Filippini
Telefone: 031 99153 7457
Email: arthur.filippini@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
Universidade Federal de Viçosa
Edifício Arthur Bernardes, piso inferior Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário
Cep: 36570-900 Viçosa/MG
Telefone: (31)3899-2492
Email: cep@ufv.br
www.cep.ufv.br

APENDICE A: CARTA DE AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: Arthur.filippini@ufv.br

AUTORIZAÇÃO

Eu, Carlos Eduardo Porto Villani, na qualidade de responsável pelo Colégio de Técnico da UFMG COLTEC, autorizo a realização da pesquisa intitulada **Aulas Investigativas No Ensino de Física** a ser conduzida pelo pesquisador executor Arthur Schelb Filippini e sob a responsabilidade da pesquisadora Regina Simplício Carvalho, e declaro, que esta Instituição apresenta infraestrutura necessária à realização da referida pesquisa.

A aceitação está condicionada ao cumprimento do pesquisador aos requisitos da Resolução 196/96, comprometendo-se a utilizar os dados e materiais coletados, exclusivamente para os fins da pesquisa.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 20____.

Assinatura

**APENDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL SEQUÊNCIA DIDÁTICA
INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE HIDROSTÁTICA.**

**Sequência didática investigativa para o ensino de
Hidrostática**

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UFV
Universidade Federal de Viçosa

 **SBF**
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

ARTHUR SCHELB FILIPPINI

Sequência didática investigativa para o ensino de Hidrostática

2017

**VIÇOSA –
MINAS GERAIS**

ARTHUR SCHELB FILIPPINI

**Sequência didática investigativa para o ensino de
Hidrostática**

**Produto educacional apresentado à
Universidade Federal de Viçosa e a
Sociedade Brasileira de Física
como parte das exigências do
Programa do Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física.**

**Orientadora:
Regina Simplicio Carvalho**

2017

**VIÇOSA –
MINAS GERAIS**

SUMARIO

1- Apresentação do Material	2
2- Hidrostática	6
3- Guia didático	21
4- Planos de aula	23
3.1 Conceitos básicos	24
3.2 Introdução ao estudo de Pressão	28
3.3 Pressão Atmosférica	32
3.4 Pressão e Vasos Comunicantes	37
3.5 Empuxo	41
3.6 Exploração adicional dos temas anteriores	45

Apresentação

Este material contém uma sequência didática para aulas investigativas de Física, envolvendo temas da hidrostática. As aulas foram preparadas com linguagem e conceitos próprios para uma turma do primeiro ano do ensino médio. Objetivamos também atender a necessidade de material existente com esta metodologia de ensino.

Na proposta curricular dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN⁺) são apontadas diversas habilidades e competências desejáveis relacionadas à investigação e à compreensão da aplicação dos conhecimentos da física e da ciência. Para atender essas recomendações, elaboramos aulas investigativas, metodologia essa defendida por diversos autores, dos quais podemos destacar Ana Maria Pessoa de Carvalho e Gregory J. Kelly.

As atividades investigativas utilizam dos conhecimentos prévios dos alunos em um determinado assunto e através deste conhecimento levanta questionamentos que o incentive a buscar e expandir seus conhecimentos. Os processos que incentivam esta busca ocorrem em sala de aula através de experimentos, debates, discussões em grupos, resoluções de testes e afins. Os alunos consolidam seus conhecimentos através da interação professor-aluno e aluno-aluno.

Através deste método, os alunos ampliam seus conhecimentos sobre ciência e modificam o modo que interpretam os fenômenos. Os conhecimentos prévios vão se tornando científicos e a curiosidade epistemológica é constantemente incentivada.

Recomendamos a utilização de um nível de guia baixo, onde os alunos possuem liberdade para realizar perguntas, manipular os experimentos e optar por aprofundar o estudo em algum ponto do conteúdo que desperta interesse.

Durante o processo de ensino/aprendizagem com a utilização dessa metodologia investigativa, os alunos se sentem livres para realizar quaisquer

perguntas e por vezes extrapolam os temas de física e suas dúvidas percorrem outras áreas de ciência, expandindo o conhecimento geral. Neste processo, os alunos vivenciam as práticas inerentes à pesquisa científica como um cientista, pois buscam resposta para suas perguntas, comunicam sua evolução com outros membros que participam da sequência didática e divulgam o resultado ao final de suas investigações.

A experiência de guiar o próprio aprendizado, ser agente do próprio conhecimento enriquece a vivência do aluno, que após a sequência didática sente-se mais apto a guiar suas próximas investigações e aprendizados.

No início da sequência didática os alunos não possuem avançado conhecimento científico, porém possuem vivências. Sempre que possível explorem as experiências dos alunos de modo a enriquecer as aulas e utilizá-las como subsunçores para o novo conhecimento. Através do aprendizado significativo, tal como proposto por David Ausubel, quando a nova informação se conecta às informações pré existentes o aprendiz consegue aplicar mais facilmente este conhecimento, seja no mundo acadêmico ou em sua vida pessoal.

A escolha do tema se deu pela adequação à série trabalhada e também em virtude da possibilidade de se realizar investigações, usando materiais de baixo custo e reduzido risco. Este tema contempla parte da física que o aluno lida em seu dia a dia e não compreende claramente os conceitos envolvidos.

Buscamos construir uma sequência didática com aulas mais atraentes e agradáveis do que as aulas convencionais, pois a motivação dos alunos facilita o aprendizado e modifica a visão sobre a ciência e os cientistas. Oportunizando dessa forma o aperfeiçoamento da linguagem e a enculturação científica.

Ao utilizar de uma metodologia em que os alunos cooperam entre si na construção do conhecimento buscamos também incentivar a formação de pessoas que são capazes de conviver e trabalhar em grupo, habilidade necessária para diversas áreas de atuação e para vida pessoal.

Apresentamos inicialmente um texto com uma breve introdução histórica e alguns conceitos gerais de hidrostática, sem a pretensão de esgotar o assunto, com o intuito de dar um embasamento para o guia didático e os planos de aula que virão a seguir.

HIDROSTÁTICA

Visamos neste capítulo abordar alguns fundamentos de hidrostática que foram utilizados na elaboração da sequência didática.

Primeiramente será apresentado aspectos históricos que podem fornecer pistas para elucidar o processo de construção de conhecimento e da formulação dos conceitos e auxiliar o professor na condução dos seus alunos na busca desse conhecimento e em seguida são apresentados os conceitos gerais da hidrostática com uma abordagem prioritariamente fenomenológica que poderá ser usada no Ensino Médio.

Breve histórico

As ideias relacionadas à hidrostática são seculares e até mesmo milenares. Vários filósofos, cientistas e pensadores refletiram sobre os fenômenos. Neste texto serão mencionados a contribuição de alguns deles. Segundo Martins (1989), os atomistas gregos defendiam a existência do vazio e eram contestados por Platão (427 a.C – 347 a.C) e Aristóteles (384 a.C - 322 a.C). Aristóteles acreditava em um universo cheio de matéria, com corpos impenetráveis e, a luz e o som, como não eram corpos, poderiam atravessar a matéria, além disso, a natureza, por sua vez, tinha “horror ao vácuo”.

A cristianização das ideias aristotélicas, por São Tomás de Aquino, contribui para que essas dominassem e persistissem na humanidade por quase dois mil anos (FERREIRA; PEDUZZI, 2014), Lavoisier (2007), em seu discurso preliminar no Tratado Elementar de Química, traz o seguinte pensamento:

[...] nas ciências físicas, em geral, tenha-se muitas vezes suposto em vez de concluir; que as suposições transmitidas de geração a geração se tenham tornado cada vez mais importantes apenas

pelo peso das autoridades que elas adquiriram e que tenham enfim, sido adotadas e vistas como verdades fundamentais, até mesmo pelas melhores mentes. (LAVOISIER, 2007, p. 18).

A descoberta e a publicação de textos de Arquimedes (287 a.C – 212 a.C) no século XVI, (COELHO; NUNES, 1992) reaviva as discussões existentes fornecendo ferramentas para os pensadores. A existência ou não do vácuo voltou a ser amplamente discutida. Francis Bacon (1561-1626) e René Descartes (1596-1650), personagens de renome na história não acreditavam na existência do vácuo. No início do século XVII alguns filósofos como Isaak Beeckman (1582 – 1666) e Giovanni Batista Baliani (1582 – 1666) admitiam a ideia do vácuo e da pressão atmosférica. Galileu Galilei (1564 – 1642) também se envolveu nesta temática de pesquisa, ele e Marin Mersenne (1588 – 1648) fizeram medidas que os permitiram apontar uma ordem de grandeza para a densidade do ar e da água (MARTINS, 2000).

Em sua obra de 1638, Galileu descreve o experimento realizado anteriormente por Lucrécio, de juntar duas placas lisas e polidas e tentar separá-las. Observa-se que uma placa desloca sobre a outra com facilidade, mas se tentar puxá-las, não conseguirá, mostrando a aversão da natureza pelo espaço vazio (MARTINS, 2000).

O belga Simon Stevin (1548 – 1620) engajado em esforços militares desenvolveu diversos trabalhos em hidrostática com o intuito de melhorar a construção de plataformas flutuantes. Em 1586 publicou a obra *De Beghinselen des Waterwichts*, onde se encontra o paradoxo hidrostático: a pressão exercida sobre o fundo de um vaso com água depende apenas da altura do nível da água (CINDRA, 2008).

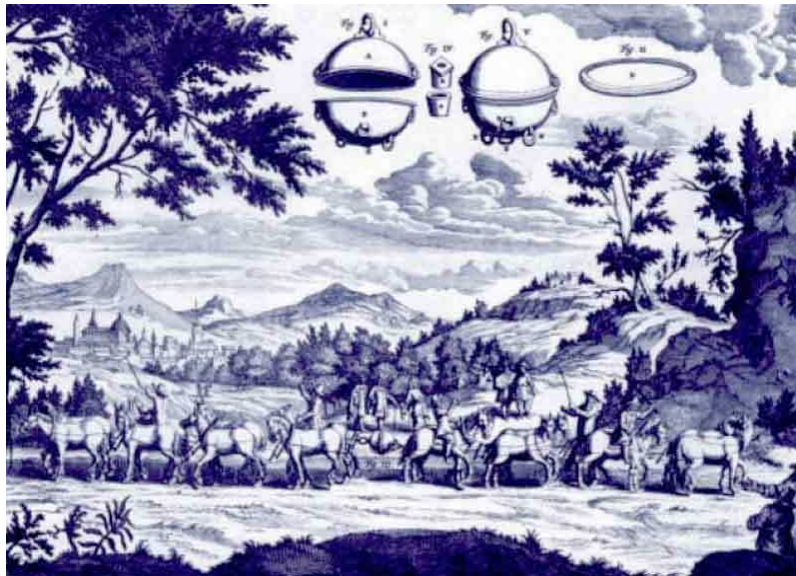
Em torno de 1641, Gasparo Berti (1600 – 1643) realiza o experimento, provavelmente idealizado por Raffael Magiotti (1597 – 1656), da coluna de água e alguns anos depois Vincenzo Viviani (1622 – 1703) e Evangelista Torricelli (1608 – 1647) adaptaram o experimento utilizando mercúrio ao em vez da água. Nesse experimento, uma coluna de vidro de um metro de comprimento é totalmente preenchida com mercúrio, tapa-se a extremidade inferior dessa

coluna e a verte mergulhando-a em uma vasilha com mercúrio, mantendo-a na posição vertical, o líquido desce até uma altura de 76 cm da base e lá permanece. A altura da coluna de mercúrio é menor que da água em uma proporcionalidade inversa com suas densidades. Torricelli não é enfático na proposição do vácuo mas menciona a pressão atmosférica como responsável pelo fenômeno (MARTINS, 2000).

Vários cientistas da época tentaram reproduzir o experimento de Torricelli, incluindo o jovem Blaise Pascal (1623 – 1662). Este depois de reproduzir por diversas vezes o experimento, idealiza um novo experimento, após encontro com Descartes, que foi realizado pelo seu cunhado na base e no topo do *Puy – de – Dôme*, buscando elucidar a influência da pressão. Observou-se então que a altura da coluna do mercúrio era menor no topo da montanha. Descartes posteriormente reivindica a ideia do experimento, mas Pascal nega (MARTINS, 2000). Em 1647 Pascal publica seus experimentos e afirma que o espaço sobre o mercúrio é o vácuo.

Na Alemanha, um outro pesquisador, Otto von Guericke (1602 -1686) empreendeu esforços, construiu uma bomba de vácuo apelidada de “*antliapneumática*” e realizou o seu famoso experimento nominado experimento de Magdeburgo (*Mirabilia Magdeburgica*): dois hemisférios de cobre que se encaixavam perfeitamente, cujo ar foi retirado pela bomba de vácuo. “A pressão atmosférica exterior de tal modo os apertou que só a força de oito parelhas de cavalos, animados a poder de chicote, conseguiu separá-los com espantoso estrondo.” (VON GUERICKE, 1672 apud BRITO et al., 1954). A figura 01 traz a ilustração do experimento publicado no livro de Otto von Guericke.

Figura 01 – Experimento de Magdeburgo



Fonte: <http://www.astronoo.com/pt/artigos/vacuo.html>

Esse experimento já foi reproduzido em diversas ocasiões, por exemplo em Granada no ano de 2005 para celebrar o VII Congresso Internacional sobre Pesquisa e Didática das Ciências. Dezesesseis cavalos não conseguiram separar os hemisférios, acredita-se que as bombas de vácuo atuais produziram um vácuo mais perfeito e a força necessária para a separação seria maior (CORTAZAR, 2008). Em 2010 o experimento foi reproduzido utilizando bois em vez de cavalos e o vídeo do experimento encontra-se disponível em https://www.youtube.com/watch?v=Qpi_cWYsLLE.

Robert Boyle (1627 – 1691) se propôs a melhorar o dispositivo elaborado por Otto von Guericke, descrito por Gaspar Schott na obra Mecânica hidráulico-pneumática de 1657. De acordo com Boyle, a máquina de Von Guericke tinha diversas desvantagens pois devia ser mergulhada em um grande volume de água, impedia a inserção de aparatos experimentais e era extremamente difícil de operar, precisando do trabalho constante de homens fortes por várias horas Boyle aperfeiçoou a máquina, publicou 43 experimentos em 1660 e a máquina Boyleana tornou-se o emblema do programa experimental da *Royal Society*. (SHAPIN; SCHAFFER, 2005). Esse cientista afirmava que o conhecimento

devia ser gerado através de experimentos e que o fundamento desse conhecimento devia ser constituído pelos fatos produzidos experimentalmente. Boyle sistematizou o conhecimento sobre a pressão atmosférica e a existência do vácuo e ganhou um ferrenho opositor, Thomas Hobbes que defendia a teoria aristotélica do “horror ao vácuo” (SHAPIN; SCHAFFER, 2005).

Conceitos gerais

A hidrostática estuda os fluidos em equilíbrio e um fluido está em equilíbrio quando “a resultante das forças que atuam sobre cada porção do fluido se anula” (NUSSENZVEIG, 2002, p.3).

Para Massey (2002, p. 35) “Um fluido é uma substância que pode entrar em escoamento”, logo líquidos e gases são considerados fluidos pois possuem a propriedade de escoar ou fluir (NUSSENZVEIG, 2002)

Existem várias substâncias que apresentam propriedades intermediárias entre sólidos e fluidos. O alcatrão, por exemplo, não escoar facilmente (MASSEY, 2002).

As propriedades dos fluidos, como temperatura, pressão, condutibilidade térmica, viscosidade etc., são consideradas macroscópicas do “meio contínuo”. Sólidos, fluidos, cordas, entre outros são considerados meios contínuos. O número de partículas nesses sistemas é muito grande e não é viável estudar separadamente cada partícula, dessa forma caracteriza-se a matéria pela densidade (SYMON, 1996).

No estudo dos fluidos, princípios da mecânica clássica como os da conservação da energia e as leis de Newton para o movimento são aplicadas.

De acordo com Symon (1996), quando um fluido é deixado sem perturbação durante um longo tempo, ele atinge um equilíbrio no qual não existem tensões de cisalhamento (força paralela à superfície do fluido). A pressão exercida através de uma pequena área do fluido em equilíbrio será normal à esta área.

Quando uma força é aplicada à um líquido em um espaço aberto as moléculas que o constituem deslizam umas sobre as outras, até que a mesma

se cesse (MASSEY, 2002). Um fluido real opõe resistência ao deslizamento das camadas vizinhas e, esta resistência de cada camada em relação a camada vizinha é atribuída à viscosidade do mesmo.

Os fluidos exercem forças sobre as paredes dos recipientes que os contêm e essas são perpendiculares a essas paredes. A força por unidade de área em qualquer ponto do fluido é independente da orientação da superfície. A pressão resulta de forças que o fluido exerce em qualquer ponto do seu interior ou da sua superfície.

Define-se a pressão (P) então como a força (F) exercida pelo fluido por unidade de área (A) perpendicularmente a essa superfície.

$$P = F/A$$

A pressão é uma grandeza escalar. A unidade mais utilizada é N/m^2 (pascal) Pa. Utiliza-se também unidades de atmosfera (atm) e milímetros de mercúrio (mmHg).

Os instrumentos utilizados medem a diferença de pressões, ou seja, a pressão do fluido em relação a pressão atmosférica, nominada pressão manométrica ou relativa.

Um fato determinado experimentalmente sobre a pressão nos líquidos é que ela age igualmente em todas as direções. Embora a pressão não tenha uma direção, as forças que a compõem tem. Logo quando colocamos um objeto submerso em água, ele sofre forças em toda sua superfície. Isto explica porque a água sai perpendicularmente a superfície de um recipiente furado (HEWITT, 2011), porque ela sofre forças vindo de todas direções exceto a direção do furo, desta forma o somatório destas forças no furo resulta em uma aceleração para fora da garrafa.

A massa específica de um fluido (ρ), densidade absoluta ou simplesmente densidade é a massa desse contida em uma unidade de volume (kg/m^3). Já o peso específico (γ) é o peso da unidade de volume desse fluido (N/m^3). Como peso é o produto da massa pela constante gravitacional (g), pode-se chegar à expressão de que: $\gamma = \rho \cdot g$

A densidade de um corpo pode ser definida como o quociente de sua massa pelo volume delimitado por sua superfície externa. Como a densidade de um líquido praticamente não varia, mesmo submetido a altas pressões considera-se na hidrostática que seja um fluido incompressível e sob pressão e temperatura constante, tem peso específico (γ) constante.

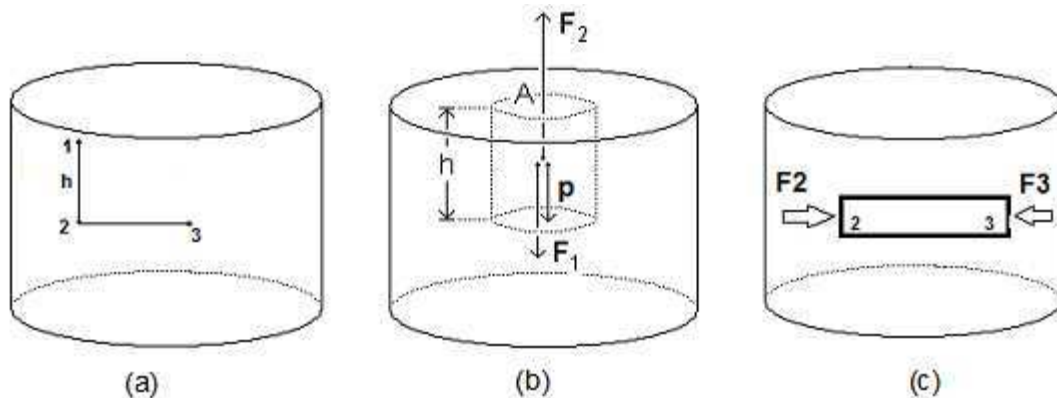
A hidrostática está fundamentada em três teoremas: Teorema de Stevin, Teorema de Pascal e Teorema de Arquimedes. (DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2007)

Teorema de Stevin

Considerado o princípio fundamental da hidrostática, estabelece que em um campo gravitacional a diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em equilíbrio é igual ao produto da diferença de nível entre os dois pontos pelo peso específico do líquido (GONÇALVES, 1979).

Para demonstrar esse teorema, pode-se considerar dois cilindros de fluido, um vertical e outro horizontal, situados no interior do próprio fluido. O vertical de eixo passando pelos pontos 1 e 2 e o horizontal de eixo passando pelos pontos 2 e 3 (figura 2.a). As forças verticais que agem sobre o cilindro (figura 2.b) são o seu peso (p) e as forças F_1 e F_2 . Como há equilíbrio, o somatório dessas forças é zero. Logo $F_2 - F_1 = p$. Como peso do fluido é o produto do seu peso específico pelo volume, e o volume é o produto da área pela altura. Chega-se a relação de que a pressão relacionada a F_2 (P_2) – a pressão relacionada a F_1 (P_1) é igual a $h \cdot \gamma$.

Figura 02 – Fluido (a), cilindro vertical (b), cilindro horizontal (c)



Fonte: <http://coral.ufsm.br/gef/l-fluidos.html> modificada pelo autor

$$F_2 - F_1 - p = 0 \quad (1)$$

$$F_2 - F_1 = p = A \cdot h \cdot \gamma \quad (2)$$

$$F_2/A - F_1/A = h \cdot \gamma \quad (3)$$

$$P_2 - P_1 = h \cdot \gamma \quad (4)$$

$$\text{Como: } \gamma = \rho \cdot g \quad (5)$$

$$P_2 - P_1 = h \cdot \rho \cdot g \quad (6)$$

Considera-se a P_1 como a pressão na superfície livre do líquido, ou seja como a pressão atmosférica.

As forças que agem sobre o cilindro horizontal (figura 2.c) são as forças F_2 e F_3 . Como há equilíbrio:

$$F_2 - F_3 = 0 \quad (7)$$

$$F_2 = F_3 \quad (8)$$

Dividindo pela área da seção reta do cilindro:

$$F_2/A = F_3/A \quad (9)$$

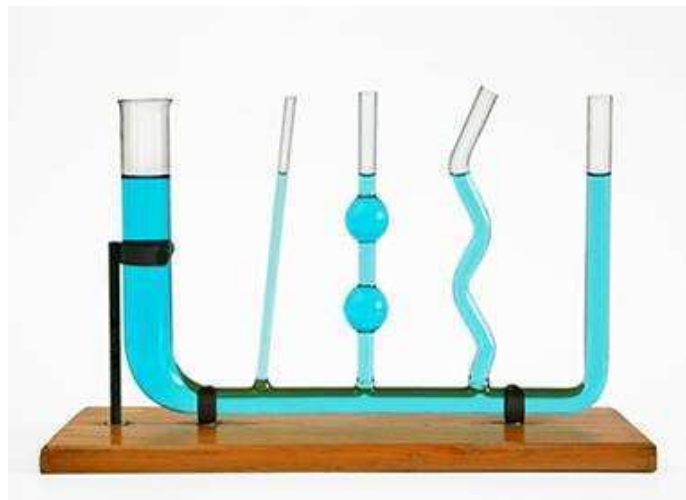
$$P_2 = P_3 \quad (10)$$

$$P_3 - P_1 = h \cdot \rho \cdot g \quad (11)$$

Logo, pontos situados no mesmo nível de um líquido em equilíbrio suportam a mesma pressão (GONÇALVES, 1979)

Uma das aplicações do Teorema de Stevin são os vasos comunicantes. Ao se observar um certo líquido que esteja em recipientes interligados com diferentes formatos e abertos, constata-se que a altura do líquido será igual em todos eles depois de estabelecido o equilíbrio (figura 03). Isso acontece porque a pressão exercida pelo líquido depende apenas da altura do líquido na coluna.

Figura 03 – Vasos comunicantes



Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/consequencias-lei-stevin.htm>

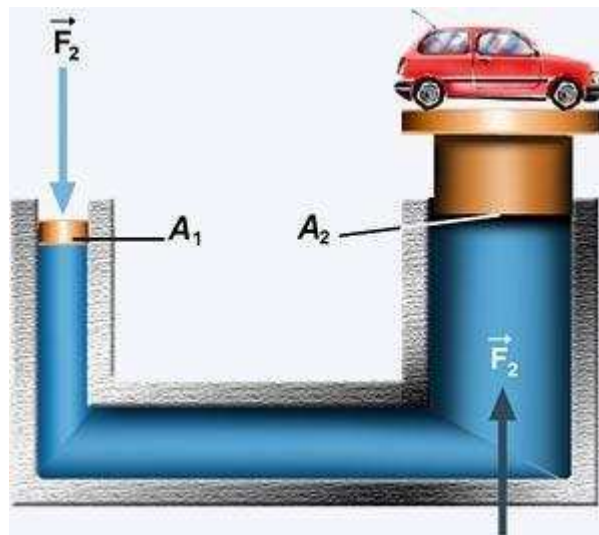
Um dos instrumentos usados em construções civis por pedreiros e mestres de obra é o “nível”. De fácil manuseio, pode ser feito preenchendo uma mangueira com água e mantendo suas extremidades em uma mesma altura. Em repouso, o nível de água nas duas extremidades da mangueira será o mesmo. Se um agente externo tornar uma extremidade mais alta em relação a outra, a água fluirá para o lado mais baixo.

Teorema de Pascal (Princípio de Pascal)

“A pressão aplicada a um fluido estático incompressível fechado se transmite igualmente a todas as partes do fluido”. (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1997, p.411).

Este princípio é ilustrado pela prensa hidráulica, onde F_2 é a força aplicada e A_1 e A_2 são elementos de volumes de área (figura 04):

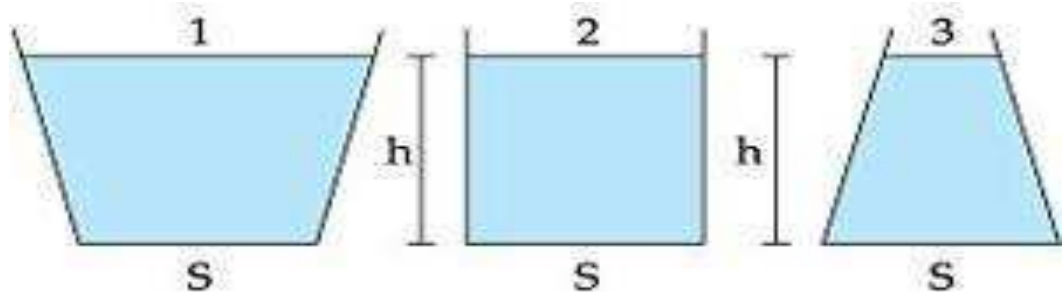
Figura 04 -- Prensa hidráulica



Fonte: goo.gl/fqD3PD

Paradoxo hidrostático: Em recipientes de formas diversas (figura 05) com a mesma área da base e mesma altura da coluna do líquido, a força exercida sobre a base também será igual. Esta igualdade da força ocorre porque o somatório das pressões exercidas sobre o fundo depende exclusivamente da altura do líquido (NUSSENZVEIG, 2002)

Figura 05 -- Paradoxo hidrostático



Fonte: goo.gl/9HXNSk

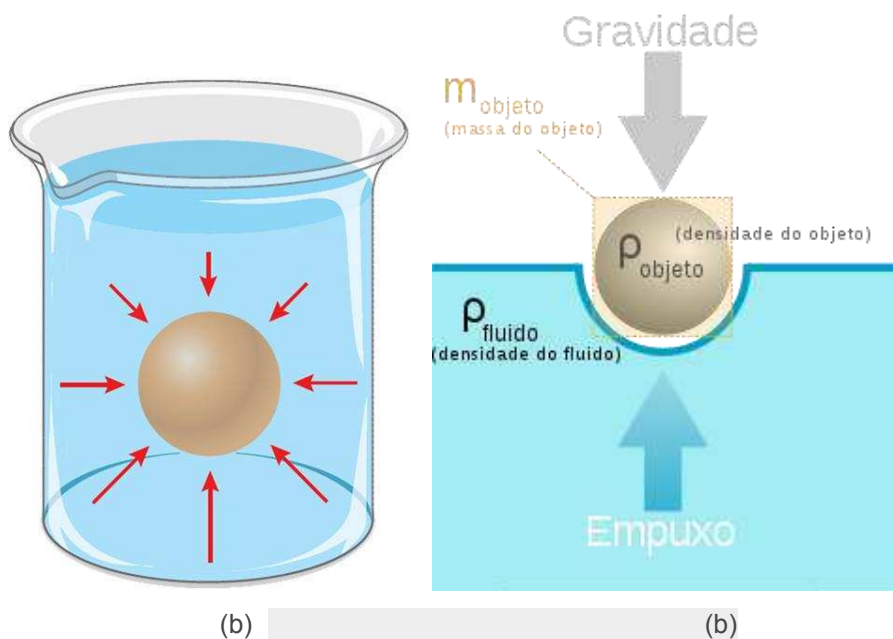
Teorema de Arquimedes (287 a. C – 212 a.C);

Todo corpo imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio sob a ação da gravidade, recebe do fluido uma resultante de forças denominada empuxo. Tal resultante tem sempre direção vertical, sentido de baixo para cima

e modulo igual ao peso da porção (volume) do fluido deslocado pelo corpo (figura 06).

Neste somatório as componentes horizontais se anulam por serem criados por uma mesma pressão e uma vez que a pressão cresce com a profundidade as forças nas superfícies inferiores são maiores que nas superiores, restando assim apenas uma componente vertical para cima. (HEWITT, 2011)

Figura 06 (a, b) – Princípio de Arquimedes



Fontes: (a) goo.gl/ewwyxb e (b) goo.gl/N5xaqe

Empuxo é igual ao peso da porção do fluido que o corpo deslocou (GONÇALVES, 1979).

$$E = p \quad (12)$$

$$E = mg \quad (13)$$

Sendo m a massa da porção de fluido deslocada;

$$E = V \cdot \rho \cdot g \quad (14)$$

V é o volume da porção de fluido deslocada e ρ a densidade do fluido.

Quando o corpo estiver totalmente submerso no fluido, V representará o volume do corpo, mas quando estiver flutuando, somente a porção do corpo que estiver mergulhada deslocará o líquido. Nesse último caso:

$$E = V_{\text{submerso}} \cdot \rho \cdot g \quad (15)$$

A estabilidade de corpos extensos mergulhados ou flutuadores depende também dos seus centros de gravidade, para o corpo permanecer em repouso o empuxo tem que ser alinhado verticalmente com o centro de massa, caso contrário o corpo irá sofrer um torque e sair do repouso.

Dividindo-se o peso de um corpo construído com uma substância X pelo empuxo que este corpo sofre quando totalmente submerso em um fluido L , se obtêm a densidade de X em relação a L .

$$\rho_{X,L} = p/E \quad (16)$$

Existe uma lenda que Arquimedes foi chamado pelo rei Hieron II para descobrir se a coroa que ele havia recebido de presente era feita somente de ouro. Arquimedes ao entrar em uma banheira cheia de água e perceber que a quantidade de água que saía era proporcional ao volume de seu próprio corpo teria saído nu pelas ruas gritando “Eureka”, feliz por ter descoberto uma forma de verificar se a coroa do rei era feita de ouro.

De acordo com Martins (2000), o método normalmente atribuído a descoberta da pureza do ouro é errôneo. A estória retrata que Arquimedes utilizou um recipiente cheio de água e ao colocar a coroa no recipiente descobriu seu volume. Assim foi possível pesar a coroa e calcular sua densidade e saber se era de ouro puro ou se possuía prata e neste caso obter também a porcentagem de cada componente.

Martins (2000) alega que com este método seria impossível obter esta proporção com exatidão pois a quantidade de água entornada não é idêntica ao volume devido ao modo que a coroa entra na água, a tensão superficial e devido a baixa precisão da medida deste volume entornado. Assim a hipótese validada como provável é que Arquimedes teria usado uma balança hidrostática.

Nas balanças hidrostáticas inicialmente se pesa o objeto que queremos saber sua densidade. Após a medida do seu peso adicionamos o mesmo em um recipiente com água de peso previamente conhecido de modo que o objeto esteja totalmente submerso, porém sem tocar o fundo do recipiente e se pesa novamente o sistema. O módulo da variação do peso do sistema é igual ao empuxo sofrido pelo objeto. Conhecendo o empuxo determina-se o peso da massa de água deslocada e obtém-se o volume do objeto. Assim com o volume do objeto e o peso pode-se finalmente obter precisamente a densidade de uma forma mais precisa do que o suposto na estória contada.

Líquidos não newtonianos

Para alguns líquidos, por exemplo, coloides, a viscosidade não é independente da taxa de corte (razão entre uma força e uma área) e estes são denominados líquidos não newtonianos. As forças de corte são as forças tangenciais aos líquidos e estas podem ser decompostas em componentes horizontais e verticais. Alguns líquidos apresentam uma viscosidade que diminui quando a taxa de corte é aumentada e outros que aumentam (MASSEY, 2002).

O estudo da hidrostática é comumente seqüenciado pelo estudo da hidrodinâmica, que estuda o movimento dos fluidos ideais (sem viscosidade), mas que não será abordado aqui.

Referências:

BRITO, J. X et al. O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo (1654). **Gazeta da física**, v. 3, n. 2, p. 50–53, 1954.

CINDRA, J. L. Um esboço da história do conceito de trabalho virtual e suas aplicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 3601.01-3601.12, 2008.

COELHO, S. M.; NUNES, A. D. Análise de um texto do século XVII, “A grande experiência de equilíbrio dos líquidos”, de Pascal: aspectos do método experimental e reflexões didáticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 1, p. 24–28, 1992.

CORTAZAR, A. C. **Los hemisferios de Magdeburgo**. Disponível em: <<http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Curiosid2/rc-108/rc-108.html>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Tópicos de física, 1: mecânica**. São Paulo: Saraiva, 2007.

FERREIRA, L. M.; PEDUZZI, LUIZ ORLANDO DE QUADRO. Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 261–278, 2014.

GONÇALVES, D. **Física: mecânica**. 3. ed. Rio de Janeiro: ao Livro Técnico, 1979.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física, Volume 1**. São Paulo: Makron Books, 1997.

LAVOSIER, A. L. **Tratado elementar de química**. São Paulo: Madras, 2007.

MARTINS, R. DE A. Tratados físicos de Blaise Pascal. **Cadernos de História e**

Filosofia da Ciência [série 2], v. 1, n. 3, p. 1–168, 1989.

MARTINS, R. DE A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos.
Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 115–121, 2000.

MASSEY, B. S. **Mecânica dos Fluidos**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

NUSSENZVEIG, M. H. **Curso de Física Básica, vol 1**. 4. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

SHAPIN, S.; SCHAFFER, S. **El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental**. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial, 2005.

SYMON, K. R. **Mecânica**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

GUIA DIDÁTICO

Nesta sessão apresentamos sugestões para a atuação do professor visando a eficiência da metodologia e como implementar a sequência didática.

A sequência didática é composta de cinco aulas de 50 minutos e uma de 100 minutos. O número de alunos recomendado é de 10-20 desde que seja possível ter aparatos experimentais suficientes em sala.

As aulas iniciam-se com uma breve explicação sobre o que será investigado. O objetivo desta explicação é gerar curiosidade nos alunos. Note que esta explicação tem como objetivo apresentar aos alunos o que será investigado e não explicar parte do conteúdo.

Nas aulas investigativas os alunos são o centro do processo de ensino e aprendizagem, assim, sempre que possível eles devem manusear os experimentos. Em casos que só há uma montagem experimental, que o aparato possua difícil manuseio ou por segurança, o experimento pode ser realizado pelo professor, mas este deve atuar como o manipulador do experimento, realizando os procedimentos iniciais para demonstração e atendendo as solicitações dos alunos.

É importante valorizar a cooperação dos alunos e evitar que eles fiquem inibidos. O professor deve se esforçar para que os alunos se sintam a vontade para perguntar e propor hipóteses, assim toda forma de comportamento que atrapalhe esta interação deve ser desmotivada.

A participação dos alunos nas discussões deve ser predominante, o professor se envolve apenas realizando perguntas chaves para guiar a discussão na construção dos conceitos científicos.

O professor deve decidir com quantos alunos os grupos serão formados, baseado no número de alunos e montagens experimentais, porém ao final da aula deve ser formado um grande grupo onde todos os alunos juntos

negociarão significados com a mediação do professor até chegarem à formalização dos conceitos tratados durante a aula.

A participação de todos os alunos deve ser incentivada, tanto no manuseio, quanto na formulação de hipóteses e na negociação de significados. O professor deve estar atento para que todos os alunos participem, porém, sem cobrar diretamente que todos falem, para não deixar alunos mais introspectivos desconfortáveis.

As aulas foram planejadas com um tempo necessário para ser ministrada, porém devido à participação dos alunos não é possível prever o tempo exato gasto em cada fase da aula, pois questionamentos não previstos irão surgir e motivar debates que enriquecerão ainda mais a mesma. Logo o professor deve saber articular a aula sabendo qual momento incentivar uma discussão que se mostra produtiva e quando mudar de assunto ou foco em um debate que não está se aproximando do conceito científico.

PLANOS DE AULA:

O primeiro plano de aula tem como objetivo a compreensão de conceitos básicos que serão necessários para as próximas aulas, pois é preciso que o aluno tenha conhecimento prévio para melhor aplicação das investigações.

A segunda aula aborda a pressão e suas aplicações, os alunos são levados a pensar sobre as influências causadas pela variação da área de contato na aplicação de forças em um corpo extenso.

A terceira aula tem como objetivo a compressão dos efeitos da pressão atmosférica, objetiva também que os alunos sejam capazes de diagnosticar em que casos esta pressão deve ser considerada para o entendimento do fenômeno.

A quarta aula trata-se de vasos comunicantes e também sobre a interação de líquidos com diferentes densidades em um mesmo recipiente.

A quinta aula discute o empuxo, situações de flutuação e a influência da densidade na flutuação.

A sexta e última aula compreende a revisão de todos os temas anteriores, um de seus objetivos principais é que os alunos criem questões e busquem explorar mais profundamente os conceitos vistos anteriormente.

Apresentaremos a seguir os planos de aula contendo recomendações e comentários específicos sobre as aulas.

Plano de Aula: Conceitos básicos

I. Plano de Aula: Conceitos básicos
II. Dados de Identificação: Disciplina: Física Série: 1º ano Duração: 50 minutos
III. Temas: Densidade, massa, volume e forças. Densidade, massa e volume são temas estudados desde a antiguidade. As definições e unidades foram se alterando com o passar do tempo. Atualmente são utilizadas as unidades do SI (Sistema Internacional de Unidades).
IV. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Conceituar massa, volume, densidade e força.• Diferenciar massa, volume e densidade.• Diferenciar peso, massa e força. Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Calcular volumes, forças e densidades.• Medir peso, volume, força.• Transformar unidades diversas para o SI.
V. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">• Massa

- Volume
- Densidade
- Força
- Cálculo de densidade
- Medidas de forças
- Diferenciação entre grandezas escalares e vetoriais.

VI. Desenvolvimento do tema:

Ao estudar física muitos termos e definições são importantes para a comunicação científica sobre fenômenos. Grandezas como massa, densidade, força e volume são intuitivas para muitos alunos, pois esses termos foram utilizados anteriormente em suas vivências. Porém para facilitar a compreensão entre os alunos e entre aluno-professor, este sendo representante da comunidade científica, precisamos aproximar a compreensão destas grandezas, pra que possamos construir conhecimentos juntos e compartilhar significados, usando uma só linguagem.

Após a conceituação e uniformidade de compreensões, buscaremos um consenso sobre maneiras de medição destas grandezas e como diferenciá-las em vetoriais e escalares, informando também qual a unidade usada no SI para cada uma delas.

Ao final, será aplicado um teste para analisar o nível de compreensão dos alunos sobre este assunto.

VII. Recursos didáticos: Quadro, giz, materiais diversos com diferentes densidades, balança digital, dinamômetros.

Imagem dos materiais utilizados:

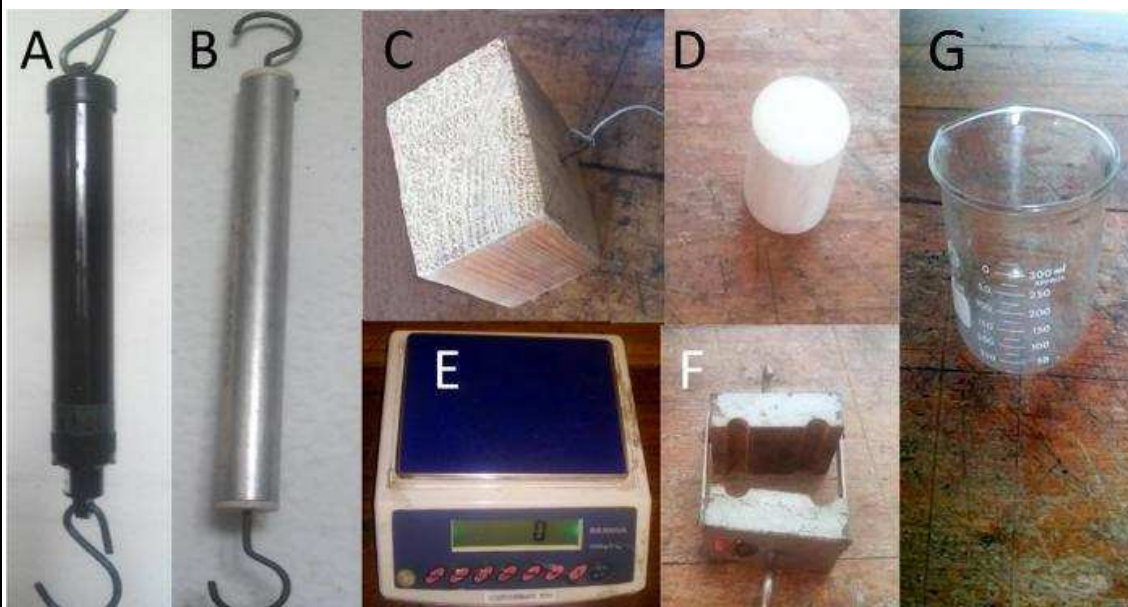


Figura 1: Dinamômetros (A,B), bloco de madeira preso a fio (C), cilindro de cerâmica (D), balança (E), peça de metal (F) e becker (G).

VIII. Avaliação:

Temos como objetivo diagnosticar o nível de compreensão dos alunos sobre os temas abordados. Iremos analisar as falas pronunciadas em sala nas discussões sobre o tema, avaliando assim a capacidade argumentativa dos alunos dentro de ciências e seus níveis de alfabetização científica.

Usaremos também como critério de avaliação a proximidade da definição obtida pelos alunos em relação à definição científica ao responder a pergunta inicial da aula: “O que são estas grandezas e como medi-las”.

Analisaremos também através de um teste individual dado ao final da aula, em que avaliaremos quanto do conteúdo científico os alunos dominam.

Questões do teste:

- 1- Quais das grandezas estudadas anteriormente nesta aula: Massa, densidade, volume, peso e forças, dependem do meio (gravidade, temperatura entre

outros) e quais não? (Justifique sua resposta)

2- Quais das grandezas são vetoriais e quais são escalares? (Justifique sua resposta)

XIX. Bibliografia:

Básica:

AMALDI, U. **Imagens da Física**. São Paulo: Scipione, 1995.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

Complementar:

AGUIAR, O. G. J.; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 179–207, 2005.

De professor para professor: recomendações e comentários:

Na parte experimental, recomendamos que o professor instigue os alunos a utilizar os dinamômetros e a balança, o que auxilia na construção das noções de forças e estes conhecimentos podem atuar como subsunçores para a construção futura do conceito de empuxo.

Nesta aula, identificamos a dificuldade dos alunos no aprendizado dos conceitos direção e sentido, estes são sinônimos na linguagem cotidiana, mas são distintos no linguajar científico. Diante desta dificuldade, é comum que o professor se empenhe tentando desconstruir o conceito anterior do aluno, mas este esforço será em vão, pois é algo que o aluno traz de seu dia a dia que está incorporado a sua vivência.

Baseando nas ideias de Aguiar e Mortimer (2005) sobre perfis conceituais entendemos que a coexistência de conceitos novos e científicos com conceitos cotidianos anteriores é possível e produtiva, onde o aluno pode alternar entre os

significados do conceito que possui de acordo com a situação em que se encontra, sem necessitar de abolir o antigo significado do conceito trabalhado. Assim não devemos nos preocupar em desconstruir o conceito anterior, somente concentrarmos na construção do conceito científico.

Plano de Aula: Introdução ao estudo de Pressão

I. Plano de Aula: Introdução ao estudo de Pressão
II. Dados de Identificação: Disciplina: Física Série: 1° ano Duração: 50 minutos
III. Tema: - Pressão -Na antiguidade, nossos ancestrais utilizavam de noções sobre a pressão para a construção de barcos rudimentares para que estes flutuassem. Com esse conhecimento o homem também construiu armas cortantes e perfurantes para facilitar a caça. O conceito de pressão é importante no nosso cotidiano, nos deparamos com a palavra “pressão” com grande frequência, por exemplo, em postos de gasolina quando se vai calibrar pneus, quando se refere a gás pressurizado, na cozinha, a panela de pressão e também quando é utilizada fora do contexto da física, adquirindo outros significados.
IV. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Compreender o conceito de pressão;

- Utilizar o conceito de pressão para explicar fenômenos;
- Entender a relação entre pressão e mudança de fase.

Objetivos específicos:

- Verificar a relação entre força e sua área de atuação;
- Equacionar a pressão;
- Calcular a pressão em problemas.

V. Conteúdo:

- Pressão;
- Influência da pressão em mudanças de fase.

VI. Desenvolvimento do tema:

O tema pressão é recorrente em inúmeros aspectos da nossa vida, aparece no cotidiano e no contexto tecnológico e científico.

Iremos utilizar os conceitos de força e área discutidos anteriormente pelos alunos e orientá-los em uma investigação sobre a relevância da área de contato quando uma força é aplicada em corpos extensos.

Iremos discutir a relevância da pressão em mudanças de fase através do experimento do gelo ao se analisar o regelo, projetos de construções de edifícios e pressão necessária para ruptura de objetos (usaremos ovos para esta discussão).

Finalizaremos a aula recordando todas as situações em que utilizamos o conhecimento de pressão e a utilidade deste conhecimento.

Ao final, será aplicado um teste para analisar o nível de compreensão dos alunos sobre este assunto.

VII. Recursos didáticos: Quadro, pincel, água, bloco de gelo, fio de nylon fino, líquido não newtoniano, data-show, vídeo “Rei Arthur” (cena da ruptura do gelo), cadeira de pregos.

KING Arthur. Direção: Ricardo Alves Jr. Fotografia: Sławomir Idziak. 110 min, p&b.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=SHe0ExrFKm8>>. Acesso em:
01 jun. 2016

Imagem do experimento realizado:



Figura 2: Montagem experimental do estudo sobre regelo.

VIII. Avaliação: Será feito um teste ao final da aula com as seguintes questões:

Porque o aumento da pressão interna em uma panela de pressão gera maior eficiência no cozimento, diferente das panelas comuns?

Quando pressionamos um prego na ponta sentimos dor. Porque quando sentamos em uma cadeira de pregos não sentimos o mesmo?

XIX. Bibliografia:

Básica:

AMALDI, U. Imagens da Física. São Paulo: Scipione, 1995.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

De professor para professor: recomendações e comentários:

Para esta aula reforço a importância da discussão sobre as vivências dos alunos. Os alunos trazem muitas informações anteriores sobre pressão e seus efeitos no cotidiano. Recomendamos que os colegas tragam para a discussão estes conhecimentos e conceitos prévios, que conforme forem sendo analisados à luz da física poderão se tornar científicos.

Para realizar a montagem do experimento do regelo deve-se utilizar um único bloco de gelo maciço, para se obter este bloco recomendo utilizar um copo plástico grande como fôrma. Coloque água até o copo ficar parcialmente cheio e leve a um congelador. É necessário esperar até o congelamento completo, o que pode demorar horas, assim é viável colocar no congelador um dia antes da aula.

Quando for realizar a montagem, faça um pequeno corte nas laterais do copo e encaixe o fio sobre pressão. Há experimentos que utilizam do gelo fora de uma forma, porém nestes casos é difícil obter o equilíbrio da superfície inferior do gelo. Quanto ao peso, deve-se colocar o mesmo dos dois lados do fio, caso contrário o sistema não ficará estável. Utilizamos pesos de laboratório mas poderíamos utilizar pesos para pesca ou uma garrafa pet pequena (600ml) e colocar água até obter cerca de 400g em cada extremidade do fio.

Recomendamos utilizar uma quantidade grande de peso comparado a área da superfície superior do gelo, afinal, quanto maior a pressão gerada mais rápido ocorrerá o fenômeno a ser visualizado, utilizando pouco peso não será possível ver o regelo nitidamente com o fio no interior do bloco em menos de 40 minutos.

É importante ressaltar que o fio utilizado deve ser constituído de um material de baixa condutividade térmica, caso contrário pode não haver o regelo devido a troca de calor. Os professores devem estar atentos a temperatura local e qual tensão deve ser exercida de modo a conseguir obter a fusão do gelo, porém sem que tenha a chance de ruptura do fio ou desequilíbrio da montagem. Ressaltamos também a importância de mostrar aos alunos como o experimento

progride, alertando os alunos em intervalos de tempo para olharem as alterações que ocorreram.

Plano de Aula: Pressão Atmosférica

I. Plano de Aula: Pressão Atmosférica
II. Dados de Identificação: Disciplina: Física Série: 1º ano Duração: 50 minutos
III. Tema: - Pressão atmosférica. A pressão atmosférica foi descoberta pelos cientistas a cerca de 400 anos. O estudo sobre a pressão atmosférica iniciou-se após a percepção que a água não subia por mais de 10,33 metros em uma coluna com vácuo. Desde então passou-se a utilizar este conceito para compreender melhor os fenômenos físicos.
IV. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Entender os efeitos da pressão atmosférica;• Reconhecer quando há relevância da pressão atmosférica nos fenômenos. Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Comparar pressões em sistemas.
V. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">• Introdução à pressão atmosférica;

- Medidas de pressão atmosférica;
- Cálculo da diferença de altura de colunas de líquido devido à pressão atmosférica;
- Escoamento de fluidos por furos em garrafas pets.

VI. Desenvolvimento do tema:

Toda coluna de fluido cria uma pressão devido ao seu peso sobre a base a qual está posicionada. Considerando a atmosfera terrestre como uma coluna de ar, é esperado que se tenha uma pressão atmosférica.

Durante esta aula iremos investigar esta possibilidade e analisar em que situações a pressão atmosférica precisa ser considerada para compreensão de um fenômeno ou resolução de um problema.

Analisaremos a diferença ao se estudar um fluido exposto à pressão atmosférica e um fluido vedado ou tampado.

Ao final, será aplicado um teste para analisar o nível de compreensão dos alunos sobre este assunto.

VII. Recursos didáticos: Quadro, pincel, garrafas PET furadas na vertical e na horizontal, água, hemisfério de Magneburgo, vídeo (gravidade, cena abrindo escotilha aos 37:15 minutos até final da pressurização da cabine 38:30), data-show, canudinhos e recipientes com água.

GRAVIDADE. Direção: Alfonso Cuarón. Fotografia: Emmanuel Lubezki. 79 min, p&b. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZA14TGm3uEg>; Acesso em: 01 jun. 2016.)

Imagem dos materiais utilizados:

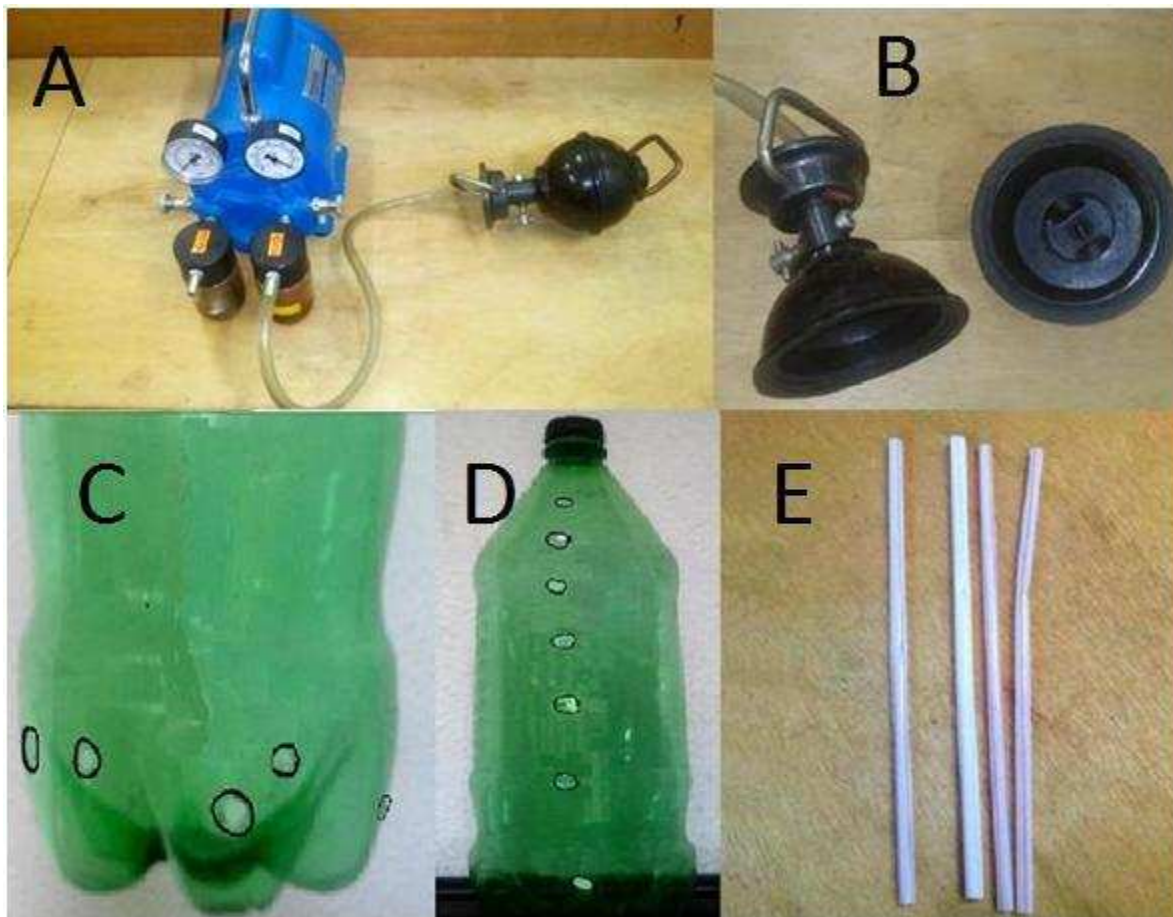


Figura 3: Bomba de vácuo (A), hemisférios de Magdeburgo (B), garrafa pet furadas horizontalmente (C), garrafa pet furadas verticalmente (D) e canudos (E).

VIII. Avaliação: Será feito um pequeno teste no qual o aluno deverá realizar um pequeno experimento e responder às questões:

Experimento:

Pegue dois canudinhos na bancada e o recipiente com água filtrada;

Segure os dois canudinhos e coloque-os no recipiente de forma que a extremidade de um fique fora da água e a extremidade do outro fique dentro da água.

Coloque as duas outras extremidades em sua boca e tente beber água. Explique o que aconteceu e por que.

Se uma garrafa pet com água parcialmente cheia com seu interior a pressão atmosférica é lacrada e colocada no vácuo, o que pode acontecer? Haveria diferença se a garrafa tivesse vazia ou totalmente cheia? Explique

Imagem do experimento:



Figura 4: Montagem experimental para o experimento da sucção de água.

XIX. Bibliografia:

Básica:

AMALDI, U. *Imagens da Física*. São Paulo: Scipione, 1995.

BIFFI, BRUNA ANTUNES; CATELLI, F. Tomando refrigerante ... com dois canudos? *Física na escola*, v. 8, n. 1, p. 45, 2007.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

Complementar:

GOULART, G. SALGUEIRO; RUVIARO, C. THOMAZI; DUTRA, C. M. Atividade experimental no ensino de física: uma ferramenta didática na aprendizagem de conceitos físicos. *Ensino & pesquisa*, v. 13, n. 3, p. 57–68, 2015.

De professor para professor: recomendações e comentários:

Nesta aula utilizamos uma bomba de vácuo para demonstrar o experimento “Hemisférios de Magdeburgo” e para analisar o efeito da remoção do ar do interior de uma garrafa pet. Sabendo que muitas escolas podem não possuir uma bomba de vácuo e que este material não é de fácil acesso e baixo custo, recomendamos que na falta do mesmo seja feito outro experimento em que a influência da pressão atmosférica se torne nítida, tal como pressionar um desentupidor de pia contra a parede, de modo que a diferença de pressão o mantenha preso.

Recomendamos que se inicie a aula levando os alunos a compreenderem à relevância da pressão atmosférica usando os experimentos citados anteriormente. Durante a realização perguntamos aos alunos “Quem é o agente da força que contrai a garrafa e mantém os hemisférios unidos?” Através desta pergunta alguns alunos podem dizer que será o vácuo, caso esta resposta ocorra sugerimos a pergunta “ O vácuo, é a ausência de matéria, este “nada” pode ser considerado agente de uma força?”. Na nossa realização, através deste pressuposto os alunos passaram a dizer que não era o vácuo que puxava e sim o ar de fora que empurrava, se aproximando da explicação científica.

Quanto ao experimento das garrafas pet, para sua construção recomendamos utilizar garrafas transparentes para facilitar a visualização. Para realizar os furos utilizamos a pontinha de um ferro de solda objetivando gerar um furo aproximadamente circular, na ausência do mesmo, recomendamos a utilização de algum outro material pontiagudo que possa ser aquecido facilitando assim a realização dos furos. Inicie o experimento utilizando a garrafa com um só furo. Tape o furo utilizando a própria mão e encha a garrafa de água. Liberando o furo, analise o que acontece com a garrafa tampada e sem a tampa. Permita que os alunos manipulem este experimento e assim eles irão explorar diversas possibilidades. Caso não haja formulação de perguntas espontâneas durante a execução do experimento, proponha questões para serem investigadas estimulando o esforço cognitivo para respondê-las.

O trecho do filme exibido teve como objetivo a melhora da compreensão dos alunos sobre o tema através da contextualização, uma vez que fazer um experimento que demonstrasse a influência da ausência da pressão atmosférica externa como foi mostrada no filme seria inviável.

Plano de aula: Pressão e Vasos Comunicantes

I. Plano de Aula: Pressão e Vasos Comunicantes
II. Dados de Identificação: Disciplina: Física Série: 1° ano Duração: 50 minutos
III. Tema: - Pressão, pressão em coluna de líquidos imiscíveis. - O estudo da pressão atmosférica e suas medidas foram obtidas através da comparação de uma coluna de líquidos fechada e uma coluna de líquido aberta.
IV. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Entender o princípio dos vasos comunicantes Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Calcular alturas de colunas de líquidos imiscíveis de diferentes densidades
V. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">• Pressão em colunas de líquidos.• Pressão em líquidos imiscíveis.• Pressão em vasos comunicantes

VI. Desenvolvimento do tema: Muitos alunos já presenciaram a utilização de um “nível”, equipamento composto de um tubo maleável com água utilizado para comparar alturas em diversas situações, muito usado na construção civil.

Nesta aula iremos apresentar este equipamento, perguntando aos alunos como ele funciona e para que serve, posteriormente será apresentado uma montagem composta por vários recipientes diferentes todos ligados entre si pelas bases, para a investigação sobre vasos comunicantes.

Como última parte da investigação será apresentada uma situação com um tubo transparente maleável contendo água com corante, adicionaremos a um lado do tubo óleo mineral e estudaremos a relação da diferença de altura da coluna de líquido com a densidade dos mesmos.

Ao final da aula será apresentado um teste para avaliar a compressão dos alunos sobre o tema.

VII. Recursos didáticos: Quadro, pincel, vasos comunicantes, água, óleo, corante alimentício, garrafas pet, tubo transparente maleável.

Imagem dos materiais utilizados:

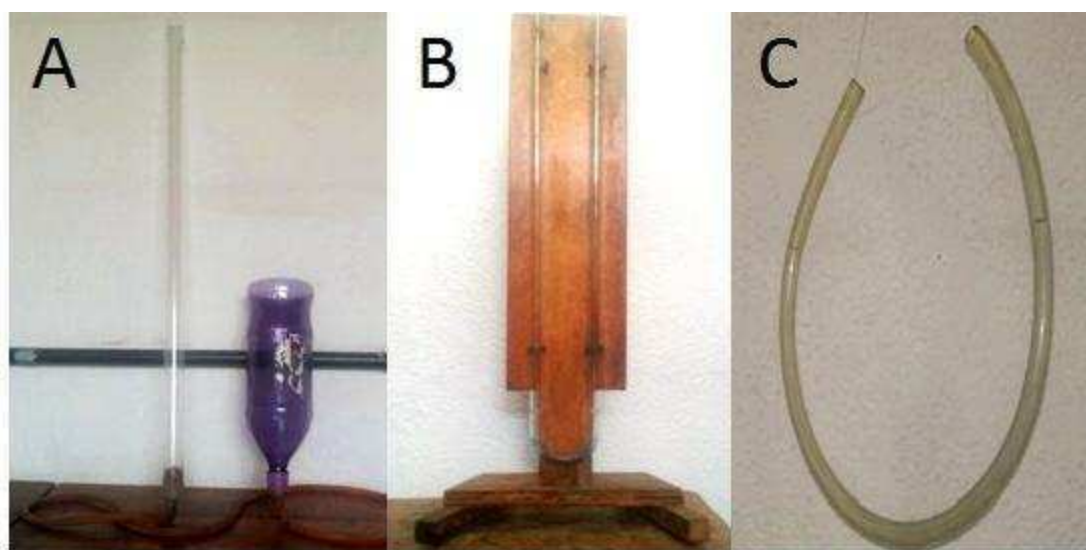


Figura 5: (A) Tubo de vidro conectado a garrafa pet por mangueira; (B) Sistema com mangueira em U; (C) Mangueira com água.

VIII. Avaliação: Será feito um pequeno teste ao final da aula com as seguintes questões:

O que ocorreria a duas colunas de água com mesma altura quando é adicionado cuidadosamente álcool (miscível em água) em apenas uma delas? Descreva.

Qual a diferença de altura de uma coluna de líquido de Xcm de água para uma coluna de álcool considerando a sua densidade igual a $0,8 \text{ g.cm}^{-3}$?

XIX. Bibliografia:

Básica:

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

XAVIER, C.; BENIGNO, B. **Física aula pro aula**, volume 2. São Paulo: FTD, 2010.

De professor para professor: recomendações e comentários:

Nesta aula utilizamos em uma das montagens experimentais um tubo de vidro acoplado a uma mangueira ligada a uma garrafa pet. Tendo em vista que a quebra do vidro poderia gerar dano aos presentes, somente o professor manipulou este tubo durante a aula. Alguns alunos ajudaram na realização do experimento segurando a garrafa pet.

Inicie a aula com a montagem C com água ou algum líquido que gere fácil visualização em seu interior. Pergunte aos alunos se já viram algo parecido com este experimento sendo usado como ferramenta, muitas vivências provavelmente serão compartilhadas, caso ninguém cite o “nível” usado na construção civil, pergunte se já viram ser utilizado e caso não, tente introduzir a utilização desta ferramenta.

Utilizamos vidro na montagem A, pois é um material que possuíamos na escola no formato desejado, porém caso fossemos construir novamente o

experimento, utilizaríamos algum material de manuseio mais seguro, como por exemplo acrílico ou plástico.

Caso utilize um material seguro, nesta montagem, recomendamos que os alunos manipulem o experimento e elaborem suas dúvidas enquanto investigam as perguntas feitas pelo professor. Coloque água até obter um volume próximo do máximo que pode ser obtido sem nenhum dos recipientes transbordar durante a manipulação.

Recomende que os alunos movimentem a montagem, instigando-os a explicar porque quando se move um recipiente, o volume de água no outro é alterado. Posteriormente peça para eles após cada movimento esperarem a água ficar estática. Os guie na descoberta que o fluido sempre fica no mesmo nível quando a montagem está estática e no processo de construção de uma explicação para este fato.

Quanto a montagem B, insira água no tubo e mostre aos alunos que neste caso o nível da água também ficou igual em ambos tubos. Nesta montagem leve os alunos a perceberem que ao adicionar água, as alturas são inicialmente diferentes porém rapidamente todos níveis de água se igualam. Caso utilize de um corante líquido, o adicione lentamente, deixando-o escorrer pela parede do tubo para que não se misture imediatamente, permitindo assim que os alunos percebam que há um desnível inicial que irá diminuir conforme o corante se misture no líquido.

Recomendamos a utilização de mangueiras e tubos transparentes para facilitar a visualização dos fenômenos e se necessário líquidos não transparentes.

Plano de Aula: Empuxo

I. Plano de Aula: Empuxo
II. Dados de Identificação: Disciplina: Física Série: 1° ano Duração: 50 minutos
III. Tema: - Empuxo -O empuxo é perceptível desde nossa infância, quando temos os primeiros contatos com a água, pois este exerce uma força nos corpos submersos, como em piscinas, mares, banheiras, lagoas e afins. A maioria das crianças já se perguntou o que flutua e o que submerge, levaremos esta discussão aos alunos buscando também o porquê e quais fatores influenciam neste fenômeno.
IV. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Entender como ocorre o empuxo;• Reconhecer a influência da densidade e do volume no empuxo. Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Obter a equação do Empuxo;• Utilizar a equação para realizar previsões.
V. Conteúdo: Empuxo, aplicações de força peso e empuxo.

VI. Desenvolvimento do tema:

Usaremos um grande recipiente com água potável e outro com água salgada (maior densidade).

Os alunos devem investigar quais fatores influenciam a porcentagem dos objetos submersa quando colocados no recipiente. Após esta noção básica, analisaremos a diferença desta porcentagem submersa ao se alterar a densidade do líquido.

Analisaremos posteriormente como calcular o empuxo usando balança de precisão, dinamômetros, pesos de metal e recipiente com água.

Após esta análise guiaremos os alunos na construção da equação que rege o empuxo, então a aplicaremos nos casos estudados anteriormente buscando obter os valores teóricos próximos aos experimentais.

Ao final da aula será apresentado um teste para avaliar a compreensão dos alunos sobre o tema.

VII. Recursos didáticos: Quadro, pincel, dois recipientes grandes com água, sal de cozinha, corpos de diversas densidades e volumes, balança de precisão e dinamômetros.

Imagem dos materiais utilizados:



Figura 6: Bacia, blocos de madeira maciços, bloco de madeira com um cilindro

oco, cilindro de cerâmica, peça de metal.

VIII. Avaliação: Será feito um pequeno teste ao final da aula com as seguintes questões:

Que situações você já vivenciou envolvendo o empuxo? Cite e comente.

Porque o empuxo é uma força sempre orientada no sentido contrário à gravidade?

Haveria uma situação em que esta força não seria orientada neste sentido?

XIX. Bibliografia:

Básica:

HEWITT, Paul G. Líquidos. In:_____. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011, cap 13.

NUSSENZVEIG, H. Moisés. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

Complementar:

CLEBSCH, A. B.; MORS, P. M. Explorando recursos simples de informática e audiovisuais: uma experiência no ensino de Fluidos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 323–333, dez. 2004.

De professor para professor: recomendações e comentários:

Nesta aula a vivencia dos alunos novamente deve ser levada a discussão, por isto a questão proposta retoma a memória dos alunos pedindo que eles interpretem suas próprias lembranças tentando compreender os fenômenos vividos utilizando os novos conceitos de hidrostática aprendidos.

Utilizamos um nível de guia baixo, concedendo muita liberdade e flexibilidade no plano de aula, porém nos preocupando em cumprir todas as propostas dentro do tempo.

Alguns alunos comentaram que a aula foi divertida e agradável. Sabemos que alunos animados e motivados aprendem mais, desta forma os professores devem permitir e incentivar que os alunos manipulem os experimentos com liberdade.

Os alunos também propuseram hipóteses e métodos para comprovar suas hipóteses, mostrando que estão capazes de guiar o próprio aprendizado e embarcar em investigações por conta própria, sem a necessidade de um guia.

Após testar a flutuação de todos os objetos disponíveis na bacia e mais alguns sugeridos pelos alunos, recomendamos ao professor utilizar uma garrafa pet destampada totalmente cheia de água para que fique submersa perguntando aos alunos qual a força que ela recebe do líquido. Supondo que a massa da garrafa é desprezível, pergunte aos alunos se ela iria mudar de profundidade dentro do líquido.

O fato de uma quantidade de água limitada por um objeto sem massa mudar a profundidade que está submerso é inconsistente, assim os alunos são levados a compreensão que como a garrafa não vai subir nem descer, a força que atua sobre ela causada pelo fluido terá mesmo módulo que seu peso .

A partir deste ponto, tente através de discussões mostrar aos alunos que esta força não depende do peso da garrafa, apenas de seu volume. A exploração sobre dinamômetros pode te auxiliar, se necessário retome comparando a variação do peso mostrado pelo dinamômetro de dois corpos de volume próximo e pesos diferentes, no ar e submersos.

Com esta compreensão, somada à experimentação realizada, os alunos se tornam capazes de debater, objetivando a criação de uma equação, que pode ser usada para calcular o empuxo, uma vez que compreendem a relação desta força com o volume submerso e a densidade do líquido.

Como sugestão, deixamos também a possibilidade de utilizar o experimento da balança hidráulica. Este experimento pode ser realizado em sala de aula utilizando apenas de um dinamômetro para pesar o objeto e um recipiente com água do tamanho suficiente para a imersão completa do objeto.

Ao realizar este experimento consegue-se uma montagem experimental que trabalha vários conceitos de física importantes, tal como pode permitir abordar a história da hidrostática.

Plano de aula: Exploração adicional dos temas anteriores

I. Plano de Aula: Exploração adicional dos temas anteriores
II. Dados de Identificação: Disciplina: Física Série: 1° ano Duração: 100 minutos
III. Tema: - Exploração mais aprofundada dos conceitos estudados anteriormente. Nesta aula iremos incentivar os alunos a formularem suas próprias perguntas motivadoras de investigações e a lembrar se existiram perguntas que não foram respondidas.
IV. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Aprender a formular perguntas sobre fenômenos e experimentos.• Buscar lacunas no conhecimento do tema e preenche-las.• Aprender a guiar uma investigação desde a pergunta inicial.

Objetivos específicos:

- Criar perguntas sobre os experimentos
- Buscar a resposta para as perguntas criadas através da experimentação

V. Conteúdo:

- Força, densidade e massa
- Pressão
- Pressão atmosférica
- Vasos comunicantes
- Empuxo

VI. Desenvolvimento do tema:

Serão montados vários experimentos referentes às aulas anteriores desta sequência didática, tendo ao menos uma montagem experimental sobre cada tema.

Os alunos irão atuar em grupos que passarão pelos experimentos no intuito de investigar mais sobre os conteúdos e criarem uma pergunta que eles ainda não sabem a resposta e registrarem em uma folha de papel.

Inicialmente o próprio grupo busca esta resposta e posteriormente mudam de experimento, tendo ou não obtido uma resposta para a pergunta.

Após todos os grupos passarem por todos os experimentos, os grupos irão trocar suas folhas com as perguntas criadas para que outro grupo responda estas perguntas.

Posteriormente as perguntas e respostas serão compartilhadas e debatidas por toda a turma durante o próximo horário dando o fechamento da sequência didática.

VII. Recursos didáticos: Quadro, pincel, água, recipientes diversos, materiais de densidades distintas, garrafas pet com furos na vertical ou na horizontal, cano

flexível transparente, água com corante.

VIII. Avaliação:

A avaliação desta aula será realizada principalmente através das questões formuladas pelos alunos, porém a capacidade dos grupos de responder as questões e as respostas dadas também serão analisadas para compreender mais sobre o conhecimento e nível de alfabetização científica alcançado pelos mesmos.

XIX. Bibliografia:

Básica:

AMALDI, U. *Imagens da Física*. São Paulo: Scipione, 1995.

HEWITT, Paul G. Líquidos. In: _____. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011, cap 13.

NUSSENZVEIG, H. Moisés. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

Complementar:

CLEBSCH, A. B.; MORS, P. M. Explorando recursos simples de informática e audiovisuais: uma experiência no ensino de Fluidos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 323–333, dez. 2004.

GOULART, G. SALGUEIRO; RUVIARO, C. THOMAZI; DUTRA, C. M. Atividade experimental no ensino de física: uma ferramenta didática na aprendizagem de conceitos físicos. **Ensino & pesquisa**, v. 13, n. 3, p. 57–68, 2015.

De professor para professor: recomendações e comentários:

Em alguns casos alunos criam perguntas simplórias por não serem acostumados a gerar perguntas sobre ciências, por isto nesta aula é importante que o professor incentive a curiosidade dos alunos e ressalte que eles devem

ser criativos e perspicazes ao buscar questionamentos sobre os conceitos que ainda não foram respondidos. Com esse estímulo, o nível das perguntas, vai alcançando patamares de investigação científica.