



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE HIDROSTÁTICA ATRAVÉS DE
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS COM ENFOQUE C-T-S**

Vitor Cossich de Holanda Sales

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dra. Deise Miranda Vianna

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2012

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE HIDROSTÁTICA ATRAVÉS DE
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS COM ENFOQUE C-T-S

Vitor Cossich de Holanda Sales

Orientadora: Dra. Deise Miranda Vianna

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Presidente, Profa. Dra. Deise Miranda Vianna

Prof. Dr. João Batista Garcia Canalle

Prof. Dr. Alexandre Carlos Tort

S163p

Sales, Vitor Cossich de Holanda.

Uma proposta para o ensino de hidrostática através de atividades investigativas com enfoque C-T-S [manuscrito] / Vitor Cossich de Holanda Sales. – 2012. x, 147 f. : il.

Digitado.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.

“Orientação: Profa. Dra. Deise Miranda Vianna”.

1. Ensino de Física. 2. Hidrostática. 3. Atividades Investigativas. 4. CTS. I. Título.

Dedico esta dissertação aos meus pais,
Adalucia e Paulo, à minha mulher,
Fabiana, a todos os professores
preocupados com a educação, que assim
como eu, amam a sua profissão e,
principalmente, aos alunos que já tive o
prazer de conhecer e os que estão por vir.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, à Universidade Federal do Rio de Janeiro, particularmente, ao Instituto de Física onde tive a oportunidade de conhecer professores do mais alto gabarito, além de continuar aprendendo e crescendo como professor.

Agradeço à professora Dra. Deise Miranda Vianna pelos conhecimentos transmitidos e a paciência a mim dispensada, pois mesmo sabendo da rotina que levo como professor de Ensino Médio (sem falar nas viagens em períodos complicados...) aceitou gentilmente me orientar, e com bastante tranquilidade e sapiência sempre me mostrou que caminho seguir.

Aos professores Alexandre Carlos Tort e João Batista Garcia Canalle que, gentilmente, aceitaram o convite de participar da minha banca.

Aos amigos que fiz ao longo do curso de mestrado, que muito me ajudaram a estruturar a minha proposta e pelos bons momentos que passamos em Manaus, apresentando o embrião deste trabalho no XIX SNEF.

Sou também imensamente grato ao Colégio Pedro II, Unidade Escolar São Cristovão III, por proporcionar a possibilidade de cursar as disciplinas do mestrado em horários nem sempre favoráveis; agradeço particularmente à turma de 2º ano do Ensino Médio Integrado, com formação técnica em Meio Ambiente de 2011, turma bastante solícita que aceitou, no final de um ano conturbado devido a problemas de greve, realizar as atividades. Sem essa aplicação este trabalho não poderia ser avaliado. Jamais os esquecerei!!!

Aos colégios Teresiano, Liceu Franco-Brasileiro e São Bento, bem como ao pré-vestibular Sintuperj, lugares onde sempre recebi motivações para seguir adiante com os estudos.

Ao professor e amigo Sandro Soares Fernandes (Sandrinuuuuussss!!!!) pela inestimável ajuda na realização das atividades e o companheirismo ao longo de todo o curso.

Ao Carlos Eduardo (Kadu) também pela ajuda na realização das atividades, fotos e filmagens durante a atividade e ouvir as gravações. Sem dúvida, uma ajuda de grande valor!

À minha família (mãe, pai, meus 5 irmãos, tios, primos, cunhados, sogrão, sogrinha, Lili), amigos (vocês sabem quem são), meu afilhado, Artur, o

meu agradecimento por todo incentivo transmitido ao longo dos anos e pela (aparentemente inesgotável) paciência em aturar esses anos em que o estudo e me roubou de vocês. Prometo pagar com juros e correção!!!

À minha mulher, Fabiana, por tantas alegrias, tanto amor, tanto carinho, tanto incentivo, tanto... Concluir um (excelente) doutorado com mudança de casa, casamento, turmas novas... , é algo que inspira até o mais inerte de todos. Não sei se consigo fazer tudo ao mesmo tempo agora assim, mas, pode ter certeza: você é a minha musa inspiradora! Te amo!

A todos, meu muito obrigado! As palavras faltam para pessoas em quem as qualidades sobram! Olhar para trás e ver que tanto sacrifício valeu à pena, graças à ajuda de cada um de vocês, não tem preço!

“Mudar é difícil, mas é possível.”
(Paulo Freire)

RESUMO

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE HIDROSTÁTICA ATRAVÉS DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS COM ENFOQUE C-T-S

Vitor Cossich de Holanda Sales

Orientadora:
Dra. Deise Miranda Vianna

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Neste estudo é proposta uma sequência de atividades investigativas para se trabalhar o conteúdo de Hidrostática no Ensino Médio (EM), com enfoque em Ciência-Tecnologia-Sociedade (C-T-S). Atividades Investigativas, assim como o enfoque C-T-S, são objetos de pesquisa em ensino de Física e estão em consonância com as últimas propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino de Ciências no EM. Ao longo do estudo são discutidos os referenciais teóricos adotados; são apresentados os temas que compõem o estudo da Hidrostática no EM; é feita uma descrição detalhada de cada atividade proposta; são apresentados dados e registros fotográficos obtidos a partir da aplicação de tais atividades em escola federal de Ensino Médio do Rio de Janeiro, com conseqüente análise; e por fim, são apresentadas as considerações finais. Os resultados obtidos se mostraram bastante animadores, uma vez que, estima-se, Atividades Investigativas contribuem para um aprendizado mais efetivo para o aluno; o enfoque C-T-S também atua nesse sentido, haja vista que se trabalha Ciência de uma maneira mais próxima da realidade do aluno, utilizando situações reais.

Palavras-chave: Ensino de Física, Hidrostática, Atividades Investigativas, C-T-S

ABSTRACT

A PROPOSAL FOR TEACHING HYDROSTATICS IN HIGH SCHOOL THROUGH INVESTIGATIVE ACTIVITIES FOCUSING ON S-T-S

Vitor Cossich de Holanda Sales

Supervisor:
Dr. Deise Miranda Vianna

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This study was made in order to make a didactic proposal for teaching Hydrostatics in high school through a sequence of Investigative Activities, focusing on Science-Technology-Society (S-T-S). Investigative Activities and S-T-S compose research on Physics education studies and also agree with the Brazilian National Curriculum (Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN) last proposal for high school Science teaching. Through this study the theoretical references adopted are discussed. Hydrostatic concepts for high school are exhibited and each activity in this proposal is described in detail. Data and photographic documentation caught at the first implementing in Brazilian Federal system high school, in Rio de Janeiro, are presented and their analyses are discussed. In the last chapter, the concluding remarks are showed. The results caught during this first implementation are very encouraging, once, hopefully, Investigative Activities promotes a more significant learning. The S-T-S also contributes in this direction, once it's possible to work on actual situations, closer to students' reality.

Keywords: Physics education, Hydrostatics, Investigative Activities, STS

Sumário

Capítulo 1: Introdução e Justificativas.....	1
Capítulo 2: Referenciais Teóricos.....	8
Capítulo 3: Hidrostática.....	21
Capítulo 4: Atividades Propostas.....	36
Capítulo 5: Aplicação das Atividades – Uma análise preliminar.....	51
Capítulo 6: Considerações Finais.....	76
Referencias Bibliográficas.....	82
Referências das figuras.....	84
Anexo A – Significado de algumas unidades.....	86
Anexo B – Tabela de conversão de valores de Pressão.....	87

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Ensino de Física é questionado há bastante tempo no que diz respeito à sua importância para a formação do cidadão, bem como à sua eficácia com relação a capacitar os alunos para realizar um exame ou compreender Ciência. Uma pergunta bastante comum sobre este tema é: “para quê ensinar Física?”.

Devido à maneira como o ensino é conduzido no Brasil há algumas décadas, determinadas matérias são transmitidas de maneira não adequada, com “macetes”, ou através de resolução de problemas formais, que, no caso das Ciências Exatas, se traduzem em aplicações de fórmulas sem uma análise mais profunda dos conceitos envolvidos. É fácil encontrar na internet vídeos de maneiras fáceis de aprender Física, através de músicas que nada mais são do que truques para decorar fórmulas.

Como consequências imediatas deste fato podemos citar a impressão equivocada sobre Ciência, o ensino ou a aprendizagem de conceitos errados, o preconceito em relação à Ciência, entre tantos outros problemas.

Assim a pergunta que nos resta é: como proporcionar um ensino de Ciências mais eficiente, no que diz respeito ao aprendizado de conteúdos e o desenvolvimento de um cidadão capaz de interagir com a sociedade em que vive, compreendendo os avanços tecnológicos e utilizando a Ciência de forma consciente e correta?

Durante os anos do curso de Licenciatura em Física na Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ tive meu primeiro contato com a pesquisa em ensino de Física. Nesta época já trabalhava com aulas particulares e monitoria. Trabalhar como professor era uma idéia que realmente me agradava e me impulsionava a ir além. Perguntava aos professores com quem mais me identificava sobre pós-graduação em ensino. Queria realmente ser um professor que não para no tempo, mas sempre busca melhorar sua didática, bem como aprender e desenvolver novas (e desafiadoras) maneiras de trabalhar.

Cursando a disciplina Instrumentação para o Ensino, ainda na graduação, desenvolvi com um colega, como parte da avaliação para esta disciplina, uma sequência didática para uma aula de Hidrostática. Tive, inclusive, a oportunidade de aplicar esta proposta numa escola onde já trabalhava na forma de um pré-teste. Anos mais tarde, no mestrado, percebi que esta sequência poderia se transformar numa proposta de atividade investigativa, durante a disciplina Tópicos de Ensino de Física. O trabalho foi desenvolvido na disciplina Tópicos de Ensino Por Investigação e agora apresento nesta dissertação de mestrado.

Na busca por uma proposta que estivesse de acordo com o que vem sendo produzido pela Pesquisa em Ensino de Física tive a oportunidade de ler muitos trabalhos, particularmente nas áreas de Atividades Investigativas e Ciência-Tecnologia-Sociedade – o enfoque C-T-S. A conversa com colegas, a troca de ideias, a análise de diferentes propostas de abordagem me motivaram a desenvolver o trabalho que, sem saber comecei, dentro desta área, anos antes.

Naturalmente, minha pesquisa contemplou também os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000). Buscando o que os PCN apresentam sobre o ensino de Ciências, ao ler os PCN+ - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002), me deparei com uma proposta de reformulação do Ensino Médio, no Brasil:

“A perspectiva profissional, social ou pessoal dos alunos não tem feito parte das preocupações escolares, assim como as questões e problemas da comunidade, da cidade, do país ou do mundo só têm recebido atenção marginal no ensino médio que, também por isso, precisaria ser reformulado.

Esta falta de sintonia entre realidade escolar e necessidades formativas se reflete nos projetos pedagógicos das escolas, freqüentemente inadequados e raramente explicitados, como objeto de reflexão consciente da comunidade escolar.” (página

5)

Na mesma publicação, ainda encontrei reflexões sobre a demanda de mudanças no ensino médio, no que concerne à prática docente:

“É necessário que seja dada uma atenção toda especial para a articulação entre as competências, conhecimentos e estratégias a serem propostos e desenvolvidos para que gradualmente possam ser identificados os fatores que integram esses vários aspectos, concretizando novas práticas de sala de aula. Discussão, reflexão, troca de experiências e vivências são as tarefas de sempre, mas prioritárias no momento. E, embora a questão educacional tenha sempre se revelado como altamente complexa, a garantia de sucesso para a empreitada é nunca perder de vista o objetivo último da cidadania desejada, uma cidadania consciente, atuante e solidária.” (página 114)

Já os PCN+ - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002) apresentam como uma das metas do Ensino de Física, particularmente sobre Hidrostática:

“Estabelecer as condições necessárias para a manutenção do equilíbrio de objetos, incluindo situações no ar ou na água.”
(página 22)

Ao ler isto tive a certeza de que a minha pesquisa poderia seguir adiante. Aliás, deveria seguir adiante. A leitura dos artigos publicados sobre Pesquisa em Ensino de Física me mostrou que muito tem sido feito no sentido de um ensino mais efetivo para o aluno e que se aproxime mais de como a Ciência é feita. Encontrei desde trabalhos que apresentam testes realizados em diversos contextos (PIETROCOLA *et al* 2007) sobre propostas alternativas de ensino, bem como discussões teóricas (SANTOS e MORTIMER, 2002) que muito me ajudaram a lapidar a minha proposta.

Curiosamente, após iniciar a minha pesquisa, passei a observar que a preocupação em adequar o ensino de Ciências com o contexto social e o desenvolvimento tecnológico vem crescendo, não só na comunidade acadêmica, mas também nos veículos de divulgação televisada, como fazem os canais Discovery Channel e National Geographic, nos quais assisto a programas e comerciais que anunciam as últimas inovações tecnológicas atreladas ao desenvolvimento científico e social de nosso tempo.

Até mesmo na TV aberta esta preocupação vem se tornando presente, como é o caso da reportagem produzida pela Rede Globo de Minas Gerais, na qual alguns conceitos de Hidrostática, entre outros, estudados no ensino médio são analisados por uma professora, que apresenta as diversas situações em que utilizamos a Física em nosso cotidiano, e o que podemos fazer para que façamos um melhor proveito desta disciplina.



Figura 1.1. MGTV reportagem

Para esta proposta foram analisados alguns trabalhos voltados para o ensino investigativo e o enfoque C-T-S. Dentro dessa proposta, o professor, que no sistema tradicional de ensino é visto como o detentor do conhecimento deixa de atuar sozinho no processo de ensino. Em vez de meramente transmitir o conhecimento, o professor deve estimular seus alunos a trabalharem em conjunto em atividades nas quais ele será mais um a contribuir com as tarefas.

De acordo com CARVALHO *et al* (2004), a partir de uma perspectiva sócio-cultural, o professor tem o papel de mediador entre a cultura científica, que ele representa, e a cultura do cotidiano, representada pelos estudantes, no plano social da sala de aula, de tal maneira que a aprendizagem de Ciências pode ser considerada como uma espécie de *enculturação científica*¹ (CARVALHO, 2008).

O aluno por sua vez abandona a posição de receptáculo de conhecimento, passando a ser o protagonista de seu processo de ensino. Assim, espera-se do aluno uma postura ativa em sala de aula, isto é, durante a realização das atividades os alunos devem formular hipóteses, testá-las, defendê-las, argumentando e ampliando seu vocabulário científico.

Ajudar o aluno a participar ativamente de sua formação é uma forma de trabalho que muito me agrada e que tento praticar na minha vida profissional. Escutar o que os alunos têm a dizer, quais são suas percepções sobre a Física e sobre os temas trabalhados, além de me ajudar a crescer e me tornar um profissional melhor, são uma maneira bastante eficaz de aferir como está se dando o processo de ensino-aprendizagem. Por todas essas razões escolhi trabalhar com ensino investigativo, esperando assim contribuir no sentido de melhorar o trabalho feito em sala de aula.

Nesse sentido, com o objetivo de apresentar uma proposta alternativa para o Ensino de Física, através deste trabalho é proposta uma abordagem investigativa para trabalhar os principais conceitos de Hidrostática, bem como algumas de suas aplicações, com enfoque em Ciência-Tecnologia-Sociedade (C-T-S).

No capítulo 2 é feita uma apresentação, com breve discussão sobre o referencial teórico adotado para a estruturação das atividades que compõem esta proposta, fundamentado nas propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), PCN+ - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros

¹ Este termo, segundo CARVALHO, 2008 é a apropriação de uma nova cultura sem, entretanto, deixar de lado a cultura original. Ainda segundo a autora, este termo teria surgido em oposição ao termo *aculturação*, que seria a substituição de uma cultura em detrimento de outra.

Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002), desde o início da pesquisa em ensino de Física – final da década de 50, início da década de 60, (MOREIRA, 2000) – até o foco deste trabalho: Atividades Investigativas e o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade (C-T-S).

A escolha deste referencial deve-se, basicamente, a dois fatores:

- ✓ A motivação por um ensino de Ciências que se aproxime do cotidiano do aluno e que ao mesmo tempo permita-lhe perceber como a Ciência é feita. O enfoque C-T-S desenvolvido através de Atividades Investigativas é uma maneira de trabalho que pode estimular a curiosidade do aluno pela Ciência enquanto ele desenvolve os conteúdos a serem aprendidos. Além disto, conforme será discutido no capítulo 5, os alunos mostram grande interesse em atividades como as propostas aqui.
- ✓ Adequação deste trabalho com o que se pretende com relação ao ensino de Ciências, em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais e a pesquisa em ensino de Física.

Na sequência, o capítulo 3 é composto por um embasamento específico de Hidrostática, em que são apresentados os principais conceitos que serão desenvolvidos através das atividades, acompanhados de um suporte em História da Ciência – sobre o problema de Arquimedes e a coroa do rei, que será necessário para uma parte específica das atividades.

O capítulo 4 é composto pela descrição detalhada das atividades. Nesta parte da dissertação elas são apresentadas, etapa por etapa, incluindo o tempo estimado para sua realização, material necessário para montagem de experimentos utilizados ao longo das mesmas, sugestões de respostas esperadas dos alunos e formas de avaliação.

Já no capítulo 5 é apresentada a aplicação das atividades no Colégio Pedro II – Unidade Escolar São Cristóvão III, no ano de 2011. Alguns resultados também são apresentados e discutidos – com base no referencial teórico – neste capítulo, assim como registros fotográficos e falas dos alunos

transcritas, a partir de gravação de áudio feita durante a realização das atividades, a fim de avaliar a viabilidade e eficácia desta proposta.

Finalmente, no capítulo 6 são feitas as considerações finais sobre esta proposta, em que são comentados os pontos positivos e negativos destas atividades, assim como sua adequação ao sistema educacional brasileiro no contexto atual, e sobre a primeira aplicação – o que aconteceu e o que não aconteceu conforme o esperado, possíveis ajustes etc.

O material para o professor e o material para o aluno são fornecidos em um CD anexo a esta dissertação.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo são apresentadas as variantes da pesquisa em Ensino de Física adotadas para esta proposta: Atividades Investigativas, Enfoque C-T-S e Argumentação. A primeira é uma descrição de como são desenvolvidas as atividades, como se dá a organização dos grupos, assim como o papel dos alunos e do professor durante a realização do trabalho; o Enfoque C-T-S é a maneira como as atividades são introduzidas e a importância da articulação entre Ciência e avanços tecnológicos atrelados às necessidades da sociedade; por último, no item Argumentação, são discutidas as formas de avaliação da atividade.

2.1. ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

A pesquisa em Ensino de Ciências foi iniciada, segundo MOREIRA (2000), em âmbito internacional, por volta da década de 50, quando no fim deste período foi criado o Physical Science Study Committee (PSSC), um projeto de renovação do currículo de Física no ensino médio, iniciado em 1956, no M.I.T. – Massachusetts Institute of Technology, fruto de uma grande insatisfação, particularmente entre os físicos, com o ensino de Física daquela época nas escolas secundárias norte-americanas, e cuja primeira edição foi publicada em 1960.

O mesmo autor afirma que no Brasil esta pesquisa se iniciou por volta da década de 70, na mesma época em que surgiu a preocupação com a *aprendizagem* de Física, consolidada na década de 80. Até então, os olhares eram voltados para o *ensino*. Nesta época, também, surgiram os programas de pós-graduação em ensino de Ciências, que geram, então, as diversas variantes da pesquisa.

Atividades Investigativas constituem uma dessas variantes. Trata-se de formas de trabalho em sala de aula nas quais o professor e os alunos mudam seus papéis. Nestas atividades, os alunos trabalham em grupos, tentando

solucionar um problema, que pode ser apresentado na forma de uma atividade experimental ou com lápis e papel. Seu objetivo é levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando conhecimentos teóricos e matemáticos. O professor assume a tarefa de escutar os alunos e orientá-los em suas tentativas, estimulando o trabalho em equipe e o uso da linguagem científica (WILSEK e TOSIN, 2009).

Os problemas propostos podem ser classificados, segundo BORGES (2002) *apud* TAMIR (1991), como *abertos* ou *fechados*, dependendo da quantidade de informações fornecidas sobre a situação que é proposta: no nível 0, correspondente aproximadamente ao extremo de ‘problema fechado’, o problema, os procedimentos e aquilo que se deseja observar/verificar são dados, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar ou não as conclusões. No nível 1, o problema e procedimentos são definidos pelo professor, através de um roteiro, por exemplo. Ao estudante cabe coletar os dados indicados e obter as conclusões. No nível 2, apenas a situação-problema é dada, ficando para o estudante decidir como e que dados coletar, fazer as medições requeridas e obter conclusões a partir deles. Finalmente, no nível 3, o mais aberto de investigação, o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões. Na tabela a seguir são esquematizados estes níveis:

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Tabela 2.1. Borges, 2002

Neste trabalho, utilizaremos o desenvolvimento de *Laboratório Aberto*, proposto por CARRASCO (1991). Nesta variante, o professor e seus alunos trabalham com investigações experimentais pelas quais se pretende resolver algum problema, segundo o seguinte roteiro:

1. PROPOSTA DO PROBLEMA: é nesse momento que é dado o estímulo à curiosidade científica.
2. LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES dos alunos por meio de discussões. A interação dos alunos, as defesas dos seus pontos de vista, o 'aprender a escutar' começam então a ser desenvolvidos. Neste momento pode surgir a utilização de conceitos aprendidos anteriormente, bem como a necessidade de novos conceitos. Assim, a linguagem científica é desenvolvida.
3. ELABORAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO: A discussão sobre como será realizado o experimento, as divisões de tarefas e a metodologia de trabalho são concebidas nesta etapa pelo grupo. Cada estudante, então, tem a oportunidade de perceber qual a melhor maneira que ele pode contribuir, entendendo sua responsabilidade dentro do grupo.
4. MONTAGEM DO ARRANJO EXPERIMENTAL E COLETA DE DADOS: A manipulação do material leva à percepção da Física como ciência experimental. A necessidade da métrica e da habilidade matemática se mostra presente nesta etapa, apontando quais são as melhores ferramentas: gráficos, tabelas, etc. Mais uma vez, o grupo deve decidir qual(is) componente(s) pode(m) desempenhar esta tarefa de maneira mais eficiente.
5. ANÁLISE DE DADOS: A construção de gráficos e tabelas, obtenção de equações e testes das hipóteses são realizados nesta etapa do processo. É a parte mais complicada para os alunos, devido à sua pouca (ou nenhuma) experiência, e cabe ao professor mostrar sua importância. Para isso, é necessário que o professor escute a argumentação dos alunos dentro de seus grupos, a fim de evitar que o problema seja dado como resolvido sem ser testado. Segundo CARVALHO (2008):

“É papel do professor ouvir com paciência, sustentar o raciocínio dos alunos por meio de perguntas, introduzir, discretamente, em suas perguntas a palavra que falta ao aluno, criando um ambiente propício ao desenvolvimento cognitivo e afetivo em sala de aula.”

(página 10)

A experiência do professor é, portanto, fundamental, para que possa propor situações que estimulem o grupo a pensar, discutir e analisar suas conclusões. Da mesma maneira, o acompanhamento das atividades é imprescindível para que o professor perceba em que momentos ele pode interferir, ajudando, mas não resolvendo o problema.

6. **CONCLUSÃO:** O trabalho culmina com uma resposta ao problema inicial, discussão sobre as hipóteses levantadas e as consequências delas derivadas. Nesta última etapa, é interessante que seja feita uma grande discussão entre os grupos. Cada grupo terá um componente responsável por relatar quais foram os passos tomados pelo grupo, bem como suas principais conclusões.

2.2. CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (C-T-S)

Durante as últimas décadas muito tem sido feito a favor de um ensino mais humano e que conduza o aluno a uma postura mais reflexiva e participativa dos avanços tecnológicos de seu tempo. Nesse sentido, o ensino formal de Ciências – que ainda prevalece no sistema educacional brasileiro, na maioria das escolas – com muito pouca (ou quase nenhuma) investigação vem sendo questionado.

A apresentação da chamada “Ciência Pronta” cria, pelo menos na maioria dos estudantes, a ideia de que não há nada mais que possa ser realizado no que diz respeito a avanços. Este, naturalmente, é um ponto de vista que não representa a Ciência, nem como ela é feita. Não é raro escutar alguém dizer: “quando Newton *descobriu* a Lei da Gravitação...”. Expressões como esta denunciam um ponto de vista equivocado sobre a modelação dos fenômenos observados e trabalhados e acabam se apresentando como vícios de linguagem, carregando um ponto de vista equivocado sobre a Ciência por parte de quem as pronuncia.

Outro equívoco que pode ser gerado por tais discursos é a ideia de trabalho individual. Não podemos nos esquecer de que por trás de um trabalho em Ciências sempre há um grande trabalho de modelação, argumentação,

troca de idéias, teste de hipóteses para dar conta da observação realizada. Dessa forma a Ciência evolui e a comunidade científica como um todo cresce.

Mostrar que mesmo utilidades contemporâneas são fruto de pesquisa científica, como é o caso dos enlatados, criados para suprir as necessidades dos astronautas que começariam a corrida espacial tripulada, pode não ser uma tarefa difícil. Nesse sentido, o enfoque C-T-S é a preocupação da pesquisa em ensino de Ciências que busca conduzir o aluno a uma postura mais ativa no processo de evolução científica, isto é, que busca entender os avanços e discuti-los com seus pares, em vez de aceitá-los passivamente. CRUZ; ZYLBERSZTAJN (2001), p.171 *apud* PENHA *et al* (2009) afirmam que:

“Segundo uma perspectiva educacional abrangente, o papel mais importante a ser cumprido pela educação formal é o de habilitar o aluno a compreender a realidade (tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto sociais) ao seu redor, de modo que ele possa participar, de forma crítica e consciente, de debates e decisões que permeiam a sociedade na qual se encontra inserido.” (página 3)

Sendo assim, a necessidade de formação de cidadãos críticos, frente às questões que envolvem a ciência, a tecnologia e suas interações com a sociedade se torna cada vez mais eloquente.

Também é possível perceber que o ensino de Ciências avança nesse sentido observando os PCN+ - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002):

“...atender a uma reconhecida necessidade de atualização da educação brasileira, tanto para impulsionar uma democratização social e cultural mais efetiva, pela ampliação da parcela da juventude brasileira que completa a educação básica, como para responder a desafios impostos por processos globais, que têm excluído da vida econômica os

trabalhadores não qualificados, por conta da formação exigida de todos os partícipes do sistema de produção e de serviços.” (página 2)

[...]

“Uma formação com tal ambição exige métodos de aprendizado compatíveis, ou seja, condições efetivas para que os alunos possam comunicar-se e argumentar, deparar-se com problemas, compreendê-los e enfrentá-los, participar de um convívio social que lhes dêem oportunidade de se realizar como cidadãos, fazer escolhas e proposições, tomar gosto pelo conhecimento, aprender a aprender.” (página 4)

Um olhar mais aprofundado nos PCN mostra que a discussão sobre o ensino de Ciências associado à evolução tecnológica e às necessidades da sociedade vem crescendo. De fato, é fundamental que cada estudante desenvolva em si um ponto de vista crítico com relação à Ciência, assim como seu papel na sociedade em que vive. E, para que possa participar ativamente, ou pelo menos saiba compreender o que se fala e produz a respeito de Ciência, é necessário ter domínio sobre a linguagem científica, desenvolvida e estimulada durante suas atividades acadêmicas.

CAPECCHI e CARVALHO (2006) argumentam que o excesso de formalismo e a falta de contextualização dos temas trabalhados nas aulas tornam a disciplina muito distante da realidade dos alunos e dificultam seu entendimento. A forma com que as atividades de laboratório são realizadas contribui para a construção de uma visão distorcida do trabalho científico, relacionando-o à aplicação de um método científico único, que possibilita descobrir leis absolutas sobre a natureza.

Segundo LOCATELLI e CARVALHO (2007):

“A aula proporciona espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento e da tomada de consciência do que foi feito. Ao ouvir o outro e ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez como também colabora na

construção do conhecimento que está sendo sistematizado. O desenvolvimento de atitudes científicas vai sendo proposto e sistematizado (HARLEN, 2000) e é nessa etapa que existe a possibilidade de ampliação do vocabulário dos alunos. Com a ajuda do professor, pretende-se obter uma melhora na argumentação utilizada pelos alunos, proporcionando uma real comunicação entre eles (HARLEN, 2001). É o início do 'aprender a falar Ciência' (LEMKE, 1997)." (página 2)

Apresentar argumentos, discutir com os colegas, falar e escutar Ciência são parte importante do processo de enculturação científica, que, segundo CARVALHO (2008) é uma meta do ensino de Ciências.

Outra parte importante no processo de enculturação científica, de acordo com RIVARD e STRAW (2000) *apud* LOCATELLI e CARVALHO (2007), é a argumentação escrita:

"O discurso oral é divergente, altamente flexível, e requer pequeno esforço de participantes enquanto eles exploram idéias coletivamente, mas o discurso escrito é convergente, mais focalizado e demanda maior esforço do escritor." (página 3)

SANTOS (2002) *apud* PENHA *et al* (2009) aponta que, por vivermos em um mundo automatizado, as sociedades passaram a confiar na ciência e na tecnologia como se confiassem em uma divindade. Afirmam ainda que esta supervalorização deu origem ao mito da salvação da humanidade ao considerar que todos os problemas sociais podem ser resolvidos cientificamente. Segundo eles, o mito do cientificismo é uma falácia, pois não existe neutralidade científica e nem a ciência é eficaz para resolver as grandes questões éticas e sócio-políticas da humanidade.

Surge, então, um questionamento importante para o desenvolvimento de um currículo com enfoque C-T-S: como introduzir um assunto sobre Ciência e a Tecnologia desenvolvida pela sociedade na sala de aula? Existem diferentes abordagens, que podem começar com um texto de História da

Ciência, vídeo, experiência, imprensa etc., mas que apresente uma situação que mostre uma necessidade da sociedade gerando avanço científico e tecnológico em prol da própria sociedade, como é mostrado através da figura a seguir:

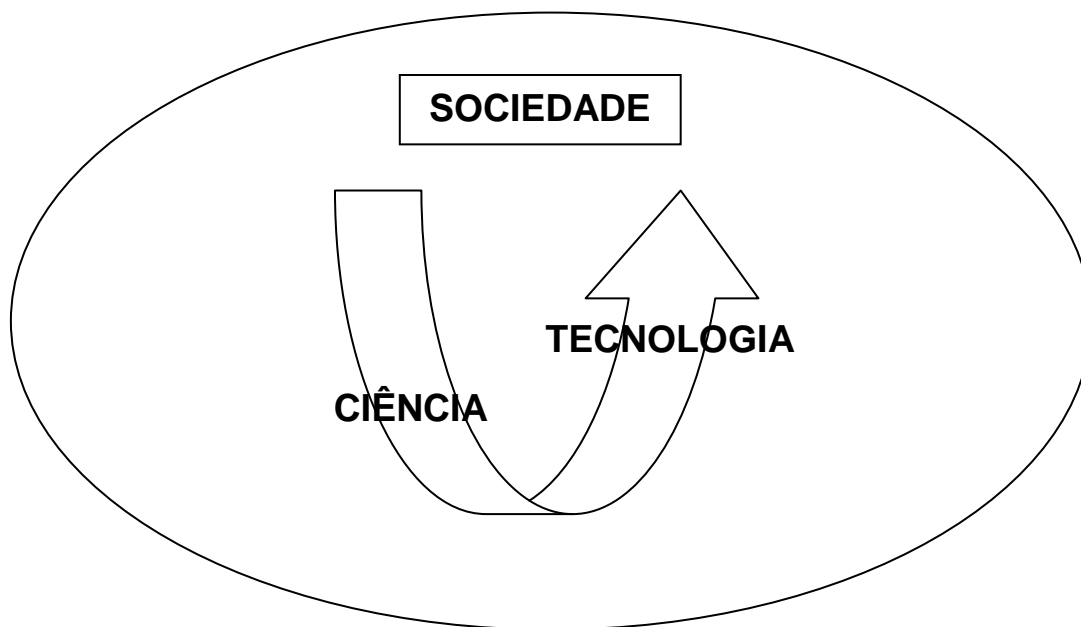


Figura 2.1. C-T-S

No Brasil, o que tem sido feito ao longo desses anos, basicamente, é a elaboração de material didático na forma de projetos curriculares ou projetos e atividades de longa ou curta duração visando à formação inicial de professores, bem como a formação continuada dos profissionais atuantes. (MOREIRA, 2000)

Segundo MALDANER *et al* (2007), embora a pesquisa em Educação em Ciências tenha sofrido um grande impulso nos últimos 20 anos em nosso país, apresentados em eventos e publicações, os resultados destas investigações parecem não conseguir chegar às salas de aula de nossas escolas.

Por isso, logicamente, a adequação de um profissional com as novas tecnologias demanda uma postura reflexiva por parte deste, algo intrínseco a um profissional que realmente acredita na educação, uma vez que "... a prática reflexiva não pode ser desvinculada do conjunto da prática profissional [...] e

por esse motivo é importante formar o *habitus*, mediação essencial entre os saberes e as situações que provocam uma ação”. (PERRENOUD, 2002)

Um professor que tenha essas características naturalmente as transmite aos seus estudantes, contribuindo para a formação de cidadãos capazes de interagir com a sociedade e a tecnologia, e, quem sabe, até despertando neles o gosto pela Ciência.

O movimento C-T-S reivindica que as decisões em relação à ciência e à tecnologia sejam colocadas em um plano mais democrático, onde mais atores sociais participem. Além disso, a proposta educacional metodológica é de deslocar-se o foco principal do conteúdo para uma abordagem que dê ao estudante certa autonomia para se posicionar frente aos conflitos sociais que virão a seguir, quando das diferentes aplicações científico-tecnológicas. (PENHA *et al*, 2009)

Dessa maneira, o professor contribui com a sociedade. Proporcionando tal formação, ajuda as pessoas a refletir mais sobre suas atitudes. Segundo SANTOS e MORTIMER (2002):

“As pessoas, por exemplo, lidam diariamente com dezenas de produtos químicos e têm que decidir qual devem consumir e como fazê-lo. Essa decisão poderia ser tomada levando-se em conta não só a eficiência dos produtos para os fins que se desejam, mas também os seus efeitos sobre a saúde, os seus efeitos ambientais, o seu valor econômico, as questões éticas relacionadas à sua produção e comercialização. [...] refletir sobre tais questões significa mudar a postura em relação ao consumo de mercadorias, pois, em geral, na maioria das vezes, a decisão entre consumir um ou outro produto [...] quase nunca são considerados os aspectos sociais, ambientais e éticos envolvidos na sua produção.”

(página 5)

AIKENHEAD (1994) estabeleceu categorias para o ensino de Ciências com enfoque C-T-S, de acordo com sua inserção no conteúdo programático:

1- Conteúdo de C-T-S como elemento de motivação.

- Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de C-T-S com a função de tornar as aulas mais interessantes.

2- Incorporação eventual do conteúdo de C-T-S ao conteúdo programático.

- Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de C-T-S incorporados como apêndices aos tópicos de ciências. O conteúdo de C-T-S não é resultado do uso de temas unificadores.

3- Incorporação sistemática do conteúdo de C-T-S ao conteúdo programático

- Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de C-T-S integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de C-T-S. Esses conteúdos formam temas unificadores.

4- Disciplina Científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de C-T-S.

- Os temas de C-T-S são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua seqüência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é a feita partir de uma disciplina. A lista dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a seqüência possa ser bem diferente.

5- Ciências por meio do conteúdo de C-T-S

- C-T-S organiza o conteúdo e sua seqüência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de C-T-S. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências.

6- Ciências com conteúdo de C-T-S

- O conteúdo de C-T-S é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.

7- Incorporação das Ciências ao conteúdo de C-T-S

- O conteúdo de C-T-S é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência.

8 – Conteúdo de C-T-S

- Estudo de uma questão tecnológica ou social importante.
- O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências

A elaboração de trabalhos como o apresentado aqui faz parte das propostas para uma formação cidadã centrada no enfoque C-T-S contribuindo com as novas perspectivas para o ensino de Física, e proporcionando a professores e alunos do ensino médio a discussão sobre ciência e tecnologia, possibilitando que tenham uma visão crítica do mundo globalizado.

Nossa intenção com este trabalho é fornecer algo que acreditamos ser a maneira de trabalhar a Ciência em sala de aula mais próximo de como ela é feita e que esteja de acordo com os PCN+ - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002):

“Assim, há competências relacionadas principalmente com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, enquanto há outras que dizem respeito à utilização da linguagem física e de sua comunicação, ou, finalmente, que tenham a ver com sua contextualização histórica e social.”

(página 80)

2.3. ARGUMENTAÇÃO

Uma forma de analisar a discussão dos alunos após a realização da atividade proposta é utilizar o Padrão de Argumento de Toulmin (CARVALHO e CAPPECHI, 2004), que constitui uma ferramenta poderosa para a compreensão da argumentação no pensamento científico. Pode-se verificar, esquematicamente, este modelo através da figura a seguir:

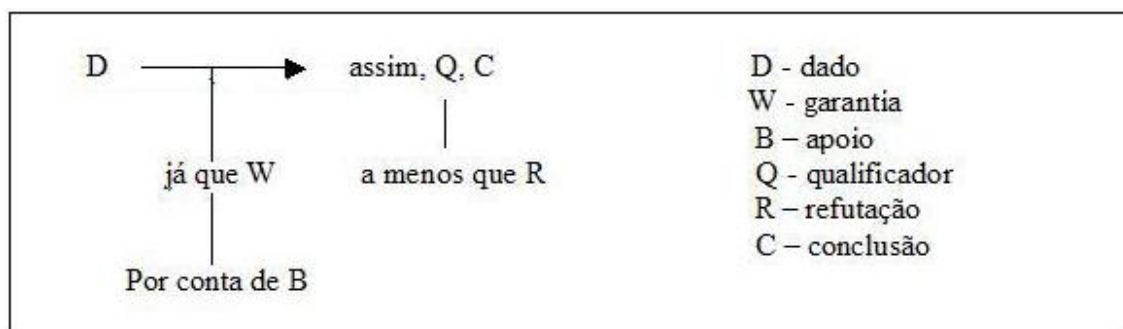


Figura 2.2. Padrão de Argumento de Toulmin, ASEM, E. (2009)

De acordo com o modelo de Toulmin o professor verifica se o aluno, a partir de um dado (D), apresenta uma justificativa (W) calcada em um conhecimento básico (B), podendo acrescentar um qualificador modal (Q), isto é, especificações das condições necessárias para que a dada justificativa seja válida. Assim, ele pode chegar a uma conclusão (C) acerca do fenômeno ou apresentar uma refutação (R) da justificativa, que especifica as condições em que ela não seja válida. Da mesma maneira, algum colega pode apresentar outros argumentos e refutar o que foi proposto anteriormente.

Tais procedimentos podem ser verificados ao longo de todo o trabalho. Por isso é importante que o professor passeie pelos grupos, escutando atentamente suas discussões, até mesmo participando, mas evitando, sempre, induzir o raciocínio dos alunos.

Uma pergunta que muitos se fazem é: e a avaliação, como é feita? Coleta de dados, questionário, ou gravação de vídeos da atividade, relatórios, entre outras são formas de avaliação. A argumentação dos alunos, mostrando como estão aprendendo, pode ser observada nas gravações.

Uma atividade como esta não deve ser avaliada simplesmente com um teste ou prova, uma vez que o processo constitui também uma atividade em que o aluno é o protagonista. Assim a avaliação da atividade deve ser realizada ao longo do processo (CAPPECHI e CARVALHO, 2006).

As atividades propostas aqui não contemplam todas as possibilidades que o ensino investigativo propicia. Podem-se organizar fóruns de debates, oficinas, participação em mesas redondas, discussão de textos históricos e a discussão de problemas socioambientais etc. através dos quais é possível avaliar a participação dos alunos nas diversas atividades, bem como sua evolução ao longo das discussões.

CAPÍTULO 3

HIDROSTÁTICA

Neste capítulo são apresentados os temas de Hidrostática, bem como alguns conceitos básicos para este estudo, a serem desenvolvidos com a atividade proposta. Serão apresentadas aqui algumas aplicações importantes para a sociedade, oriundas do desenvolvimento tecnológico proporcionado por alguns dos temas, bem como o surgimento e a evolução histórica de outros conceitos.

DENSIDADE X MASSA ESPECÍFICA

Alguns conceitos são necessários ao estudo da Hidrostática. Em primeiro lugar, vamos estabelecer a diferença entre os conceitos de densidade de um corpo e sua massa específica. A densidade de um corpo é a razão entre sua massa e seu volume, ou seja:

$$d = \frac{\textit{massa}}{\textit{Volume}_{\textit{objeto}}}$$

A massa específica é relacionada à substância que constitui certo objeto de que estamos falando, que é definida pela razão entre a massa de substância e o volume desta amostra. Assim, para obter a massa específica de certa substância, é necessário subtrair o volume da parte oca do volume ocupado pelo objeto.

$$\mu = \frac{\textit{massa}}{\textit{Volume}_{\textit{objeto}} - \textit{Volume}_{\textit{parte oca}}}$$

Estes dois conceitos se confundem, uma vez que objetos maciços terão igual valor para densidade e massa específica. Entretanto, objetos ocos ou porosos apresentarão diferentes valores para densidade e massa específica, haja vista que o volume ocupado pelo objeto não é equivalente ao volume de matéria que o constitui.

Outra definição importante é o conceito de fluido, que é uma substância apresentada em um estado em que se deforma continuamente quando submetida a uma tensão de cisalhamento², não importando o quão pequena possa ser essa tensão. Um subconjunto das fases da matéria, os fluidos incluem os líquidos e os gases.

Os fluidos apresentam a capacidade de fluir (também descrita como a habilidade de tomar a forma de seus recipientes). Enquanto num sólido, a resistência é função da deformação, em um fluido a resistência é uma função da razão de deformação. Uma consequência deste comportamento é o Princípio de Pascal que descreve o importante papel da pressão na caracterização da dinâmica do estado fluido.

Existe, ainda, uma classificação para os fluidos: newtonianos ou não-newtonianos. Esta classificação é associada à caracterização da tensão, como linear ou não-linear no que diz respeito à dependência desta tensão com relação à deformação e à sua derivada.

O comportamento dos fluidos é descrito pelas equações de Navier-Stokes, que são um conjunto de equações diferenciais parciais, derivadas inicialmente por Claude Louis Marie Henri **Navier** em 1827 e por Siméon Denis Poisson em 1831, baseando-se num argumento envolvendo considerações de forças intermoleculares. Mais tarde as mesmas equações foram derivadas sem o uso de nenhuma dessas hipóteses, por Adhémar Jean Claude Barré de Saint-Venant em 1843 e por George Gabriel **Stokes** em 1845. Suas derivações foram baseadas na hipótese de que as tensões normais e cisalhantes são funções lineares da taxa de deformação, em conformidade com a mais antiga lei da viscosidade de Newton. Tais equações podem ser encontradas de forma mais detalhada nas notas de aula de RODRIGUEZ.

A diferença entre um líquido e um gás deve-se ao fato de que no primeiro forma-se uma superfície livre, isto é, quando em repouso apresenta uma superfície estacionária não determinada pelo recipiente que o contém. Já

² Tensão de cisalhamento ou tensão de corte, ou ainda tensão cortante é um tipo de tensão gerado por forças aplicadas em sentidos iguais ou opostos, em direções semelhantes, mas com intensidades diferentes no material analisado.

um gás apresenta a propriedade de se expandir livremente quando não confinado (ou contido) por um recipiente, não formando, portanto, uma superfície livre.

A superfície livre característica dos líquidos é uma propriedade da presença de tensão interna e atração/repulsão entre as moléculas do fluido, bem como da relação entre as tensões internas do líquido com o fluido ou sólido que o limita.

Um fluido que apresenta resistência à redução de volume próprio é denominado fluido incompressível, enquanto o fluido que responde com uma redução de seu volume próprio ao ser submetido à ação de uma força é denominado fluido compressível.

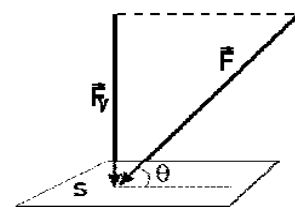
A distinção entre sólidos e fluidos não é tão óbvia quanto parece, uma vez que é estabelecida pela comparação da viscosidade da matéria. Por exemplo, asfalto, mel, lama são substâncias que podem ser consideradas ou não como um fluido, dependendo das condições e do intervalo de tempo no qual são observadas.

O estudo de um fluido é feito pela mecânica dos fluidos a qual se subdivide em Dinâmica dos Fluidos e Estática dos Fluidos, dependendo se o fluido está ou não em movimento.

PRESSÃO

A pressão exercida por uma força em determinada região é diretamente proporcional à intensidade desta força (ou de sua componente perpendicular à região) e inversamente proporcional à área em que esta força é aplicada, conforme observado na figura 3.1 ao lado.

Assim, o conceito de pressão fica definido como:



$$p = \frac{|\vec{F}_v|}{S} = \frac{F \cdot \text{sen } \theta}{S}$$

Figura 3.1. Conceito de pressão

$$press\tilde{a}o = \frac{for\tilde{c}a(perpendicular)}{\acute{a}rea}$$

Portanto, sua unidade, no Sistema Internacional de Unidades, é N/m². Esta combinação de unidades recebe o nome de pascal (Pa).

Existem diversas unidades para pressão, cada uma adequada à situação em que se utiliza este conceito. Por exemplo: na medicina é comum falar de pressão em milímetros de mercúrio (mmHg) para aferição de pressão arterial; já em bombas de ar, utilizadas para encher pneus, bolas, a pressão geralmente é dada em pound force per squared inch (psi – equivalente ao libra-força por polegada quadrada – lbf/pol²). O significado de algumas unidades pode ser verificado no anexo A e o fator de conversão entre as mesmas pode ser verificado no anexo B.

PRESSÃO EFETIVA

Considerando um líquido em equilíbrio, dentro de um recipiente, a força exercida pelo líquido na base do recipiente tem módulo igual ao do seu peso. Assim, a pressão efetiva exercida pelo líquido na área A será dada por:

$$press\tilde{a}o = \frac{for\tilde{c}a}{\acute{a}rea} = \frac{m_{liquido} \times g}{A} = \frac{\mu \times V \times g}{A}$$

como $V = A \times h$ é o volume de um sólido regular, sendo h sua altura, temos:

$$P_{efetiva} = \mu \times g \times h$$

onde μ representa a densidade (ou massa específica) do líquido, g a aceleração da gravidade local e h a altura do líquido em relação à base.

PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA (TEOREMA DE STEVIN)

A diferença entre as pressões em dois pontos de um mesmo líquido em equilíbrio depende da diferença entre as profundidades consideradas.

Na figura 3.2 adiante são mostrados um líquido em equilíbrio e três pontos, A, B e C dentro do mesmo. As pressões em cada ponto são:

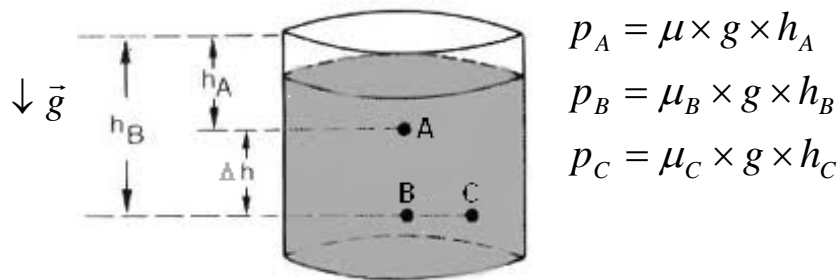


Figura 3.2. Pressão em um líquido em um campo gravitacional uniforme.

Logo:

$$\Delta p_{AB} = p_B - p_A = \mu_B \times g \times h_B - \mu \times g \times h_A = \mu \times g \times \Delta h$$

E:

$$\Delta p_{CB} = p_B - p_C = \mu_B \times g \times h_B - \mu \times g \times h_C = \mu \times g \times \Delta h = \mu \times g \times 0 = 0$$

$$\therefore p_B = p_C$$

Assim, os pontos B e C são chamados pontos isóbaros. Para que dois ou mais pontos sejam isóbaros, portanto, os mesmos devem pertencer à mesma horizontal e estar dentro do mesmo líquido.

A PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Na primeira metade do século XVII já eram conhecidas e fabricadas as chamadas “bombas de aspiração”, usadas para retirar água dos poços. A explicação para o funcionamento de tais bombas era que a natureza possuía uma propriedade chamada “horror ao vácuo”. Um líquido, ao ser sugado através de um tubo, imediatamente sobe para preencher o espaço deixado pelo ar que foi retirado de dentro do tubo, pois a natureza não admitia o vácuo.

As bombas de aspiração que existiam nada mais eram do que pistões que subiam e forçavam a água a subir também para ocupar o vazio deixado em sua subida.

Essa idéia era predominante até que o Duque de Toscana resolveu, em um projeto ousado, irrigar seus jardins retirando a água de um poço de aproximadamente 15 metros de profundidade. Começaram, então, a surgir dificuldades. Por mais que se aperfeiçoassem as bombas, a água não subia além de aproximadamente 10 metros.

Galileu Galilei estudou o problema, mas se deu por vencido. Contudo, Evangelista Torricelli, um de seus discípulos, pensou sobre o enigma. A ideia do horror ao vazio levava a crer que a matéria - a água, neste caso - era dotada de uma espécie de sabedoria e até de vontade.

Torricelli, refletindo sobre o problema, chegou à hipótese de que a água era empurrada pela força do ar sobre a superfície livre da água no fundo do poço tal como se pode ver na figura 3.3 abaixo:

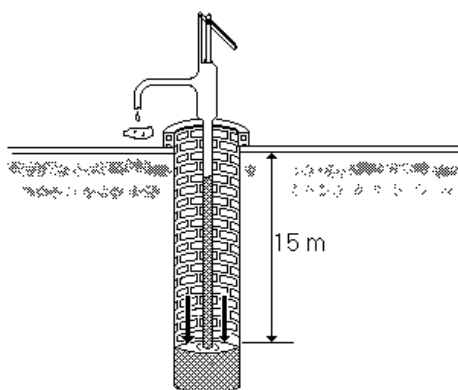


Figura 3.3. Hipótese de Torricelli

A atmosfera exerce uma força sobre a superfície da água, no máximo, para contrabalançar o peso de uma coluna de 10 metros de altura de água, como demonstrava o acontecido nos poços de Florença.

Surge, então, uma hipótese: que aconteceria se em lugar de bombear água fosse preciso bombear mercúrio? O mercúrio é quase 14 vezes mais denso do que a água, portanto, ao nível do mar uma coluna de 10 metros de água tem o mesmo peso do que uma coluna de mesmo diâmetro de 76 cm de mercúrio.

As reflexões de Torricelli chegam a Vincenzo Viviani, outro discípulo dileto de Galileu, que realizou a experiência, hoje conhecida pelo nome de Experiência de Torricelli, e que provocou o desmoronamento da teoria do “horror ao vácuo”.

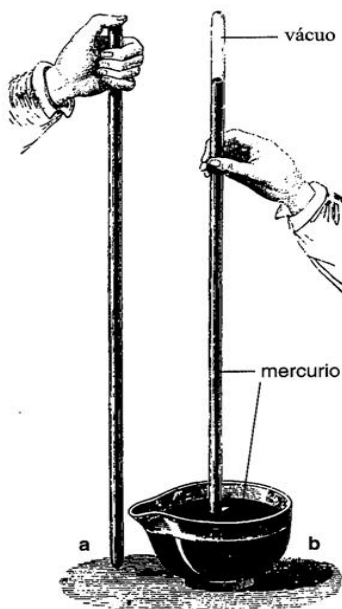


Figura 3.4. Experiência de Torricelli I

Esta experiência, mostrada na figura 3.4, ficou famosa, pois a partir dela surgiu a ideia de que a atmosfera não seria infinita, e proporcionou um meio simples de medir a pressão atmosférica. Em homenagem a Torricelli utiliza-se, ainda hoje, a unidade de pressão Tor, abreviatura de Torricelli, que equivale a 1 mm de coluna de mercúrio.

O problema do poço do Duque de Toscana não foi solucionado por Torricelli, mas proporcionou uma importante reformulação das ideias: a bomba que se utilizava era uma bomba do tipo aspirante.

Uma das experiências bem sucedidas de se comprovar a existência da pressão atmosférica, que ficou mundialmente famosa, foi realizada por Otto von Guericke na cidade de Magdeburg, Alemanha e ficou conhecida como “Os hemisférios de Magdeburgo”, representados artisticamente na figura 3.5.



Figura 3.5. Hemisférios de Von Guericke I

Em 1654, Guericke construiu dois hemisférios metálicos que se encaixavam perfeitamente. Ao remover parte do ar do interior da esfera com o auxílio de uma potente bomba pneumática, os hemisférios se mantinham unidos, não sendo possível separá-los nem com o esforço de diversos cavalos. Foi graças aos estudos de Torricelli, com os quais teve contato, que Guericke conseguiu relacionar todos esses fenômenos com a pressão exercida pela atmosfera.

A explicação é simples e pode ser visualizada no esquema de hemisférios da figura 3.6. Caso parte do ar do interior dos hemisférios seja retirada, a pressão interna exercida pelo ar na parede interna da esfera ficará menor do que a externa (atmosférica), dificultando muito a separação dos hemisférios.

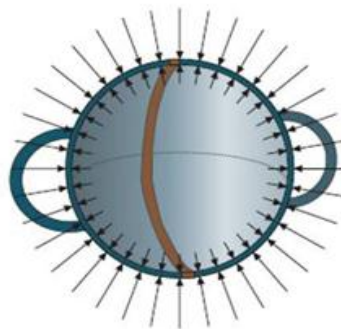
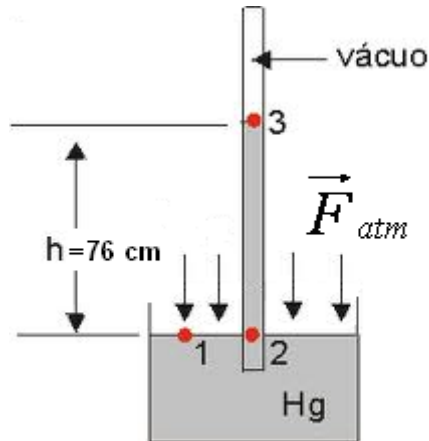


Figura 3.6. Hemisférios de Von Guericke II

Com o experimento idealizado por Torricelli, surge então a ideia de que a pressão atmosférica existe e possui valor bem definido: 76 cm de Hg ao nível do mar.

Os pontos 1 e 2 da figura 3.7 a seguir estão no mesmo líquido, numa mesma horizontal. Assim sendo, satisfazem às condições necessárias para serem considerados isóbaros.



\vec{F}_{atm} representa a força exercida pelo ar atmosférico na superfície livre do mercúrio ($d_{Hg}=13,6 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)

Figura 3.7. Experiência de Torricelli II

$$p_1 = p_2$$

$$p_{atm} = p_{Hg}$$

$$p_{atm} = \mu_{Hg} \times g \times h_{Hg} = 13,6 \times 10^3 \times 9,81 \times 0,76 = 1,0139616 \times 10^5 \text{ N / m}^2 = 76 \text{ cmHg}$$

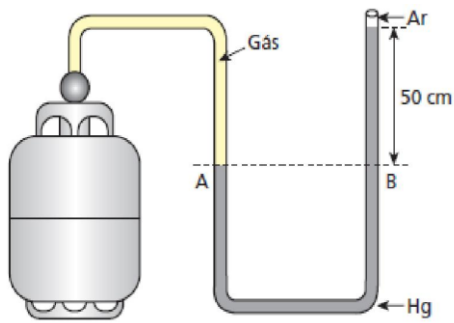
Considerando $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

PRESSÃO ABSOLUTA

A pressão absoluta em um ponto qualquer abaixo da superfície livre de um líquido exposto ao ar atmosférico é, portanto, a soma das pressões atmosférica e efetiva, ou seja, a pressão efetiva é a parcela de pressão acima da pressão atmosférica:

$$P_{absoluta} = P_{atm} + \mu \times g \times h$$

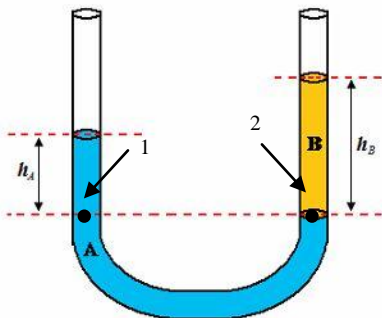
Dessa forma, pode-se, por exemplo, construir instrumentos para medição de pressão (manômetros) de uma amostra de gás, conforme mostrado através da figura 3.8:



A pressão do gás equilibra-se com a pressão exercida pela atmosfera na superfície livre do mercúrio somada à pressão exercida pela coluna de 50 cm de mercúrio.

Figura 3.8. Manômetro (tubo aberto)

Pode-se, também, estabelecer relações entre líquidos não-miscíveis. Considerando dois pontos, 1 e 2, na mesma horizontal, ambos dentro do líquido A, sendo 2 na superfície de separação entre os líquidos A e B e o outro no lado esquerdo do tubo da figura 3.9 a seguir:



$$\begin{aligned}
 p_1 &= p_2 \\
 p_{atm} + \mu_A \times g \times h_A &= p_{atm} + \mu_B \times g \times h_B \\
 \mu_A \times h_A &= \mu_B \times h_B
 \end{aligned}$$

Figura 3.9. Vasos Comunicantes

VASOS COMUNICANTES E A PRENSA HIDRÁULICA

Diversas são as aplicações destes conceitos. Em oficinas, por exemplo, as prensas hidráulicas são largamente utilizadas para erguer automóveis, conforme observado nas figuras 3.10a e 3.10b adiante:



Figura 3.10a. Prensa Hidráulica I



Figura 3.10b. Prensa Hidráulica

O funcionamento das prensas hidráulicas baseia-se em dois princípios:

- Uma diferença de pressão aplicada em determinado ponto de um líquido distribui-se uniformemente para todos os pontos do líquido, visto que líquidos são quase incompressíveis (Princípio de Pascal);
- Êmbolos de diferentes larguras, conectados por um terceiro tubo: vasos comunicantes. Na figura a seguir são representados esquematicamente vasos comunicantes:

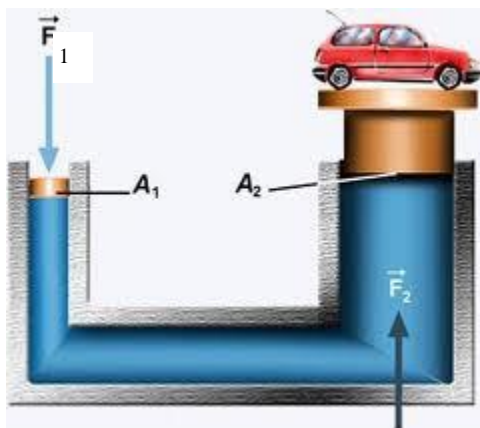


Figura 3.11. Prensa Hidráulica III

Forças de diferentes intensidades, aplicadas em áreas cuja proporção é a mesma existente entre as intensidades dessas forças geram a mesma pressão, mantendo o líquido em equilíbrio:

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

Assim, é possível com uma pequena força, equilibrar até mesmo um automóvel, como os das figuras 3.10a e 3.10b.

EMPUXO – PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

São atribuídas a Arquimedes algumas invenções tais como a rosca sem fim conhecida como o parafuso de Arquimedes, a roda dentada, a roldana móvel, a alavanca.

Segundo MARTINS (2000), o autor mais antigo que descreveu a história de Arquimedes foi Marcus Vitruvius Pollio, um arquiteto romano do século I a.C., em sua obra *De architectura*. Eis a tradução do trecho relevante:

“Quanto a Arquimedes, ele certamente fez descobertas admiráveis em muitos domínios, mas aquela que vou expor testemunha, entre muitas outras, um engenho extremo. Hieron de Siracusa, tendo chegado ao poder real, decidiu

colocar em um templo, por causa de seus sucessos, uma coroa de ouro que havia prometido aos deuses imortais. Ofereceu assim um prêmio pela execução do trabalho e forneceu ao vencedor a quantidade de ouro necessária, devidamente pesada. Este, depois do tempo previsto, submeteu seu trabalho, finalmente manufaturado, à aprovação do rei e, com uma balança, fez uma prova do peso da coroa. Quando Hieron soube, através de uma denúncia, que certa quantidade de ouro havia sido retirada e substituída pelo equivalente em prata, incorporada ao objeto votivo, furioso por haver sido enganado, mas não encontrando nenhum modo de evidenciar a fraude, pediu a Arquimedes que refletisse sobre isso. E o acaso fez com que ele fosse se banhar com essa preocupação em mente e ao descer à banheira, notou que, à medida que lá entrava, escorria para fora uma quantidade de água igual ao volume de seu corpo. Isso lhe revelou o modo de resolver o problema: sem demora, ele saltou cheio de alegria para fora da banheira e completamente nu, tomou o caminho de sua casa, manifestando em voz alta para todos que havia encontrado o que procurava. Pois em sua corrida ele não cessava de gritar, em grego: *ευρηχα, ευρηχα* [Encontrei, encontrei!]. Assim encaminhado para sua descoberta, diz-se que ele fabricou dois blocos de mesmo peso, igual ao da coroa, sendo um de ouro e o outro de prata. Feito isso, encheu de água até a borda um grande vaso, no qual mergulhou o bloco de prata. Escoou-se uma quantidade de água igual ao volume imerso no vaso. Assim, depois de retirado o corpo, ele colocou de volta a água que faltava, medindo-a com um sextarius*, de tal modo que o nível voltou à borda, como inicialmente. Ele encontrou assim o peso de prata correspondente a uma quantidade determinada de água. Feita essa experiência, ele mergulhou, então, da mesma forma o corpo de ouro no vaso

cheio, e depois de retirá-lo fez então sua medida seguindo um método semelhante: partindo da quantidade de água necessária, que não era igual e sim menor, encontrou em que proporção o corpo de ouro era menos volumoso do que o de prata, quando tinham pesos iguais. Em seguida, depois de ter enchido o vaso e mergulhado desta vez a coroa na mesma água, descobriu que havia escoado mais água para a coroa do que para o bloco de ouro de mesmo peso, e assim, partindo do fato de que fluía mais água no caso da coroa do que no do bloco, inferiu por seu raciocínio a mistura de prata ao ouro e tornou manifesto o furto do artesão” (VITRUVIUS, De I architecture, livro IX, preâmbulo, §§ 9-12, pp. 5-7).

*instrumento de medida, que leva o mesmo nome da medida romana de volume (0,547 litros, em valores atuais), que tinha esse nome por ser equivalente a 1/6 do congius, que correspondia a aproximadamente um galão moderno.

Estudiosos de História da Ciência mostram, através de estudos recentes, que, apesar de bastante divulgado, o método utilizado por Arquimedes não teria sido exatamente esse. Galileu teria notado que o método da medida de volume não seria o mais eficiente, tendo em vista diversas dificuldades operacionais, como por exemplo, as dimensões da coroa e a tensão superficial da água. Ele sugeriu que Arquimedes teria medido pesos e não volume.

Uma consequência do empuxo é a diferença de peso que um objeto tem quando medido no ar e quando medido dentro da água. Tomando a coroa e um bloco de ouro de mesmo peso (medido no ar) e depois fazendo a medida dentro da água, será observado o seguinte:

Se os volumes forem iguais, os empuxos também serão iguais. Caso a coroa contivesse prata na sua constituição, seu volume seria maior e o empuxo também, logo seu peso seria menor dentro da água, denunciando assim o ourives. Provavelmente esse teria sido o método utilizado por Arquimedes (MARTINS, 2000).

Assim, quando um objeto encontra-se parcial ou totalmente submerso em determinado líquido, ele experimenta uma força (Empuxo – E) vertical, orientada para cima, cujo módulo é igual ao do peso do líquido por ele deslocado.

Dessa forma:

$$E = P_{\text{líquido deslocado}}$$

$$E = m_{\text{líquido deslocado}} \times g$$

$$E = \mu_{\text{líquido}} \times V_{\text{líquido deslocado}} \times g$$

$$E = \mu_{\text{líquido}} \times V_{\text{corpo imerso}} \times g$$

O volume do líquido deslocado corresponde à parte do volume do corpo que está imersa no líquido, uma vez que dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo.

Esta força é oriunda da diferença de pressão entre os diversos pontos do objeto imersos no fluido. De acordo com o Teorema de Stevin, existe uma diferença de pressão entre pontos que não estão na mesma horizontal. Uma vez que a pressão depende diretamente da profundidade, os pontos mais afastados da superfície livre do líquido apresentarão maior pressão, gerando assim uma diferença de pressão que resulta em uma força dirigida de baixo para cima.

Assim sendo, partir do conceito de pressão, temos:

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

Força vertical resultante exercida pelo fluido no objeto - Empuxo

Área da base do objeto

Como

$$\Delta p = \mu \times g \times \Delta h$$

Vem:

$$\mu_{\text{líquido}} \times g \times \Delta h = \frac{E}{A}$$

$$E = \mu_{\text{líquido}} \times g \times \Delta h \times A$$

Mas:

$$\Delta h \times A = V_{\substack{\text{corpo} \\ \text{imerso}}}$$

Então:

$$E = \mu_{\text{líquido}} \times V_{\substack{\text{corpo} \\ \text{imerso}}} \times g$$

Os conceitos apresentados neste capítulo são os utilizados nas atividades que serão propostas aos alunos durante a realização do trabalho. Conforme será discutido a seguir, no capítulo 4, tais conceitos estão apoiados em outros também discutidos aqui, estudados em momentos anteriores.

CAPÍTULO 4

ATIVIDADES PROPOSTAS

4.1. Objetivos

Com este trabalho espera-se levar o estudante à compreensão acerca de alguns fenômenos sobre equilíbrio de corpos nos líquidos, assim como a utilização destes fenômenos, aprofundando o conhecimento sobre o desenvolvimento da Hidrostática ao longo da história.

Espera-se, também, que o aluno perceba as diversas aplicações dos conceitos trabalhados em sua vida cotidiana, a importância da Hidrostática para a sociedade e para os avanços tecnológicos.

Atividades como as propostas aqui se dividem em etapas. Neste trabalho, que visa à solução de problemas típicos de um Laboratório Aberto (CARRASCO, 1991), descrito no capítulo 2, particularmente, espera-se verificar se houve construção de conhecimento por parte dos alunos, a partir de suas argumentações nas aulas, utilizando o Padrão de Toulmin para análise.

O desenvolvimento das atividades foi montado com base na sequência proposta nos principais livros didáticos utilizados no Ensino Médio. Por essa razão, estas atividades pertencem ao nível 3 das categorias propostas por AIKENHEAD (1994), descritas no capítulo 2, para o ensino de Ciências com enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (C-T-S), uma vez que serão realizadas por meio de atividades investigativas, com algumas situações e desafios para que sejam solucionados.

4.2. TEMAS DE FÍSICA

O estudo da Hidrostática se divide em duas partes: Pressão e Empuxo. Assim sendo, as atividades são propostas separadamente, com uma sequência de atividades para cada parte.

4.2.1. ATIVIDADE 1: PRESSÃO

TÓPICOS A SEREM ABORDADOS:

Dentro do estudo da Hidrostática, presente no conteúdo programático de Física para o Ensino Médio, os tópicos de Física a serem desenvolvidos nesta atividade são:

- ✓ Pressão
- ✓ Pressão Atmosférica
- ✓ Vasos Comunicantes

VARIÁVEIS A SEREM TRABALHADAS

Estes tópicos que se pretende trabalhar com esta atividade estão calcados, basicamente, em três conceitos que serão utilizados e desenvolvidos ao longo da atividade:

- ✓ Força
- ✓ Densidade
- ✓ Teoria Cinética dos Gases

FENÔMENOS A SEREM ESTUDADOS

Dentre as diversas possibilidades de fenômenos a se observar com o material utilizado, podemos citar:

- ✓ Pressão exercida por um corpo/força em determinada área
- ✓ Existência do ar
- ✓ Influência do ar nos líquidos
- ✓ Pressão exercida por líquidos e gases
- ✓ Relação entre pressão e volume de um gás num sistema hermeticamente fechado

DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

Serão desenvolvidos alguns temas, divididos em etapas, a fim de se trabalhar os conceitos necessários à realização das atividades que, nesse sentido, demandam entre quatro e seis tempos de aula.

Tais etapas são importantes para ajudar os alunos a começar o processo de discussão das ideias, levantar as variáveis relevantes, fazer hipóteses. São elas:

- I. Em primeiro lugar, o professor pedirá aos alunos que segurem um lápis apoiando o polegar na parte de trás e o mínimo na ponta, apertando suavemente. A partir das perguntas “Em qual dedo sentimos mais dor? Por quê?” o professor utilizará as respostas dos alunos para construir o conceito de Pressão (força por unidade de área).
- II. Numa segunda etapa, será aplicado o conceito de Pressão aos gases. Utilizando a seringa com o êmbolo na marcação “zero”, isto é, no início, o professor perguntará à turma o que acontecerá se ele tampar a saída da seringa e puxar o êmbolo, soltando-o em seguida, e por quê. Após as respostas, fará a mesma pergunta para o caso contrário, ou seja, o que ocorrerá se, com o êmbolo na última marcação da seringa, isto é, no fim, ele empurrar o êmbolo.
- III. Em seguida será resgatado com a turma o conceito de densidade, através da mistura de determinada quantidade de água com outra de óleo. O objetivo desta fase é escutar dos alunos que o óleo permanece acima da água por ser menos denso que esta. Esta etapa é puramente demonstrativa, sendo realizada, portanto, pelo professor.
- IV. Na quarta etapa, o professor irá colocar água num copo e sugar o líquido através de um canudo até que a turma possa vê-lo através do canudo. Perguntará à turma, então, como se dá o processo de sucção do líquido, isto é, como acontece e a que se deve a subida do líquido através do canudo. Diante das respostas o professor irá mediar as argumentações dos alunos, questionando sempre o porquê do fenômeno, sem, no entanto, dar nenhuma resposta ou “dica” (LOCATELLI e CARVALHO, 2005).

A fim de melhorar a discussão e os argumentos, o professor irá mostrar canudos diferenciados, por tamanho e largura, questionando sempre a turma se a mudança de canudo provocará alguma diferença no fenômeno.

V. Na quinta e última etapa o professor colocará água, em um copo e, em outro, óleo. Com um canudo em cada copo, ele irá sugar (sem beber) ao mesmo tempo, água e óleo. Porém antes de fazê-lo, perguntará à turma se os líquidos atingirão a mesma altura e aguardará as respostas, como sempre, incentivando a discussão e a defesa de idéias, tentando construir uma explicação para o fenômeno a partir das suposições dos alunos.

Neste ponto da atividade já se espera ter surgido a ideia sobre a influência do ar atmosférico e a relação entre pressão e volume ocupado por um gás, e os alunos já podem partir para o primeiro desafio, de beber um leite de caixinha através do canudo sem sugá-lo.

Ao fim da atividade serão passadas algumas perguntas relacionadas ao tema:

- ✓ Por que uma pessoa consegue andar melhor na neve colocando abaixo de seus pés uma raquete?
- ✓ Qual seria a agulha indicada para uma injeção, a fim de não sentirmos dor: uma fina ou uma grossa? Explique.
- ✓ Por que uma pessoa não se machuca quando deita numa cama de pregos?
- ✓ Por que um churrasqueiro, para cortar mais facilmente um pedaço de carne, precisa afiar a faca?
- ✓ Se tamparmos um copo cheio de água com um pedaço de papel e, em seguida, virarmos o copo de cabeça para baixo, o papel não cai e o líquido permanece confinado no copo. Como isto é possível?
- ✓ Com relação à pergunta anterior, o tamanho do copo faz diferença? Justifique.
- ✓ Ainda com relação à mesma pergunta, o tipo de papel faz diferença? Justifique.

Estas perguntas deverão ser respondidas por escrito, individualmente, a fim de serem analisadas em caráter avaliativo relativo ao conhecimento adquirido com a atividade.

Dois desafios serão lançados na sequência aos alunos:

- ✓ Beber um leite de caixinha através do canudo sem, no entanto, sugar o líquido através dele
- ✓ Beber um líquido utilizando dois canudos, um dentro e um fora do copo (ou utilizando um canudo furado) – ver figura 4.1 adiante.

Será informado aos alunos que a solução do desafio deverá acompanhar a respectiva explicação. Uma vez que estes desafios não configuram um problema fechado, conforme descrito no capítulo 2, espera-se estimular a curiosidade científica dos alunos e incentivá-los na busca por explicações coerentes com o fenômeno observado e que contenham a linguagem adequada.

APRESENTAÇÃO DO DESAFIO

Para esclarecer a turma sobre os objetivos da atividade, o professor expõe o material a ser utilizado e, no caso do copo com dois canudos, faz uma demonstração de como o líquido deve ser bebido, de acordo com a figura 4.1.

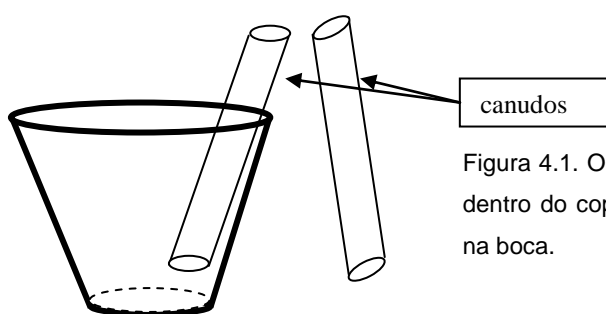


Figura 4.1. O líquido deve ser bebido através do canudo dentro do copo, porém ambos os canudos devem estar na boca.

MATERIAL NECESSÁRIO PARA AS ATIVIDADES

- ✓ Canudos (ou mangueiras) de diferentes comprimentos e larguras
- ✓ Copos de 200 ml

- ✓ Água
- ✓ Óleo
- ✓ Achocolatados de caixinha (por exemplo, Toddynho)
- ✓ Papel
- ✓ Garrafa de plástico pequena (600 ml) vazia
- ✓ Seringas



PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO PELOS ALUNOS

Uma vez que esta atividade é programada para uma turma relativamente pequena (em torno de 20 alunos), eles devem ser separados em grupos de quatro alunos, cada um com o seu kit para fazer as tentativas. Também ficará com cada grupo um gravador a fim de que se possa analisar posteriormente suas discussões.

Cada grupo fará sua discussão e o professor deve circular pela sala, escutando as falas e, de quando em vez, participando, estimulando a troca de idéias. A partir destas falas, ao ouvir as transcrições, o professor pode identificar os conectores “já que”, “por conta de”, bem como refutações, qualificadores e conclusões.

Ao longo das discussões, em cada grupo, um aluno ficará responsável por anotar as principais idéias que cada colega está defendendo e os pontos positivos e negativos que o grupo percebe em cada afirmação. Também serão entregues aos grupos papéis a fim de que façam esquemas que completem suas explicações. Ao fazer tais esquemas, estima-se que os alunos testarão

hipóteses, confrontarão ideias, encontrarão a melhor maneira de trabalhar as variáveis envolvidas, chegando, ao final, a uma conclusão.

Ao fim, cada grupo será representado por um componente, que será o seu relator. Este ficará responsável por explicar para a turma, em linhas gerais, como o trabalho foi conduzido e resolvido pelo grupo, e a que conclusão ele e seus colegas chegaram para explicar o fenômeno.

QUESTÕES ESPERADAS EM CADA ETAPA

Para cada etapa já são esperados alguns padrões de respostas. Para cada uma serão feitas a seguir algumas sugestões, no sentido de aperfeiçoar a discussão, sem fornecer nenhuma resposta.

I. LÁPIS NA MÃO

Ao apertar o lápis, mesmo que suavemente, rapidamente os alunos dirão que o dedo mínimo (ponta do lápis) é onde sentimos mais dor. A primeira justificativa esperada é: *“Porque a força é maior”*. Neste momento o professor deve arguir sobre as Leis de Newton, tentando fazer com que os alunos percebam o equívoco nesta justificativa e ajudá-los a chegar à ideia de que a diferença está na área de aplicação da força.

II. APLICANDO A PRESSÃO AOS GASES

A ideia é esperar que os alunos apliquem a ideia do “horror ao vácuo” ao ar dentro da seringa. Entretanto, imaginando que possam surgir ideias alternativas, como *“fazemos um vácuo, então, como não pode haver vácuo, o êmbolo volta”*. O professor, então, puxa o êmbolo, deixando entrar um pouco de ar e repete a pergunta puxando novamente o êmbolo. Uma argumentação poderia ser *“porque fazemos uma pressão pra tirar o ar da seringa e depois paramos então o ar entra de novo”* ao que o professor deve perguntar *“por onde o ar entra e sai, se a seringa é hermeticamente fechada?”*. Numa terceira, e provavelmente última tentativa um aluno poderia afirmar *“por que não há nada dentro da seringa, logo não há pressão interna, só a pressão externa, que é a pressão do ar (atmosférica)”*.

III. MISTURA DE ÁGUA E ÓLEO

Caso algum aluno sugira que o óleo fica por cima *por ser mais leve*, a idéia é aumentar a quantidade de óleo, de tal maneira que a quantidade deste seja suficientemente maior que a de água, para o aluno recordar o conceito de densidade.

É interessante, para as demais etapas, discutir o conceito de densidade a partir do agrupamento molecular. Uma forma de concretizar o conceito com a participação dos alunos seria pedir a eles que se dividissem igualmente em dois grupos e que cada grupo ocupasse um espaço da sala, sendo um grupo mais denso do que o outro.

IV. SUGANDO O LÍQUIDO PELO CANUDO

Esta é, provavelmente, a etapa mais longa do processo. A primeira justificativa esperada para o líquido subir é *“porque fazemos força nele”*, ao que o professor argumenta que não está em contato com o líquido.

Caso algum aluno argumente que *o copo está sendo apertado*, o professor, naturalmente, irá lembrar o aluno que o copo é indeformável, ou utilizará outro copo, que seja deformável, e mostrará ao aluno que não adianta apertar o copo.

Outra justificativa pode ser *“porque sugamos o ar e o líquido ocupa o lugar do ar, uma vez que não deve haver espaços vazios (vácuo)”* ao que o professor deve insistir na pergunta *“porque o líquido sobe?”*.

Espera-se que algum aluno remeta à segunda etapa, fazendo uma analogia do ar dentro da boca com o ar dentro da seringa.

V. SUGANDO ÁGUA E ÓLEO

Provavelmente algum aluno fará a sugestão de que *“ambos atingirão a mesma altura uma vez que estão sendo sugados ao mesmo tempo, e devem ocupar o mesmo espaço, que antes era ocupado pelo ar”*. O professor, então, pergunta-lhe *“mas o ar não ocupa o espaço todo?”*. Espera-se que o aluno utilize a idéia de que ter tirado parte do ar de dentro do canudo fez diminuir a pressão interna de tal forma que os líquidos subirão até a pressão interna

entrar em equilíbrio com a externa. Neste caso, o professor perguntará se não existe entre eles nenhuma característica a ser levada em consideração que será relevante para a pressão exercida pelo líquido, ao que ele espera ouvir do aluno “a densidade”, e que ele conclua que o menos denso (no caso, o óleo) subirá mais.

4.2.2. ATIVIDADE 2: EMPUXO

Nesta parte da proposta, o tópico a ser desenvolvido é o Princípio de Arquimedes, também conhecido como Empuxo.

VARIÁVEIS A SEREM TRABALHADAS

Neste momento trabalha-se, basicamente, com as mesmas variáveis verificadas na primeira parte:

- ✓ Força
- ✓ Densidade
- ✓ Volume

FENÔMENO A SER ESTUDADO

Força exercida por fluidos em corpos neles imersos

DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

Esta atividade também se inicia com dois desafios lançados à turma:

- ✓ Equilibrar o ludião (figura 4.2), explicando o fenômeno
- ✓ Explicar o funcionamento básico de um submarino, isto é, como é possível variar sua profundidade

Para tal, serão desenvolvidos alguns temas e, nesse sentido, a atividade demanda entre três e quatro tempos de aula.

As etapas a serem realizadas são:

I. Inicialmente o professor faz duas perguntas à turma, para que discutam em grupos:

- ✓ O que faz com que barcos, mesmo os mais pesados, em boas condições, não afundem?
- ✓ Como é possível um submarino viajar a qualquer profundidade?
Como o piloto pode regular a profundidade do submarino?

Para ilustrar a situação o professor apresentará o ludião à turma, lançando o desafio: manter o ludião equilibrado a meia altura, explicando o fenômeno.

II. Numa segunda etapa, o professor apresenta oralmente o problema de Arquimedes e a coroa, contando o desafio que, segundo a História, foi lançado a Arquimedes. Os alunos, dentro de seus grupos, receberão a incumbência de bolar uma solução para o problema. Para a discussão o professor separa em torno de 15 minutos e passeia entre os grupos, escutando as discussões. Cada grupo, ao final, deverá apresentar sua solução, em uma descrição sucinta, em que justifiquem o procedimento a ser tomado, fundamentados em conceitos físicos adequados e apresentando claramente quais são as variáveis envolvidas.

III. Uma vez eleita a melhor solução, na terceira etapa do processo, o professor passa o vídeo “Flutuação Dos Corpos”, do Laboratório Didático do Instituto de Física da UFRJ – LADIF para a turma ³. Neste vídeo, o fenômeno abordado nesta atividade é investigado através de experimentos sistematizados, em que se analisam as variáveis envolvidas. Para melhor aproveitamento do vídeo, em momentos específicos o professor pode interromper a apresentação para escutar da turma suas hipóteses para as indagações feitas no vídeo. As perguntas propostas em cada pausa e possíveis respostas dos alunos serão discutidas mais adiante, no item III em *Questões Esperadas*. O vídeo não será apresentado integralmente, e sim, interrompido aos 11min08s, evitando passar a conclusão, deixando-a para os alunos.

IV. Na última etapa, o professor retoma o problema de Arquimedes, entregando aos grupos o texto, citado anteriormente, de MARTINS (2008) para ser lido pelos grupos.

³ O vídeo está no CD anexo a esta dissertação, também disponível para download em <http://omnis.if.ufrj.br/~ladif/videos5.htm>.

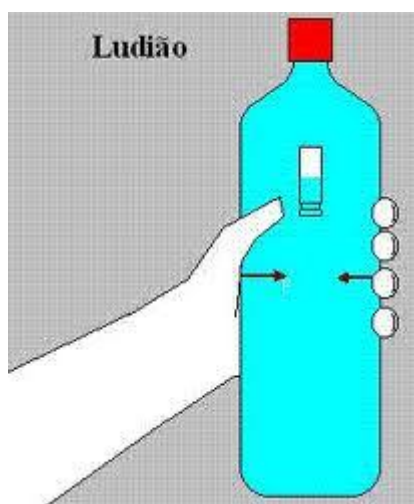
Após a leitura do texto, o professor retoma o problema do ludião, solicitando de cada grupo, a realização do desafio e a respectiva explicação.

V. Por último, cada grupo deverá produzir uma pequena redação explicando o funcionamento do submarino.

APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O primeiro desafio a ser apresentado à turma é o de Arquimedes. Este será explanado à turma pelo professor oralmente. Não será contada à turma a solução desenvolvida por Arquimedes: somente o desafio, a fim de que cada grupo busque a sua solução para o problema.

O segundo desafio será apresentado à turma, também, pelo professor, que mostrará o ludião em um ponto qualquer do líquido, sem deixá-los perceber como o faz.



O professor pode mostrá-lo à turma a qualquer profundidade, sem mostrar como o faz.

Figura 4.2. Ludião

MATERIAL NECESSÁRIO PARA O LUDIÃO

Para esta atividade, o material necessário é:

- ✓ Garrafa plástica transparente (2 litros)
- ✓ Caneta sem carga
- ✓ Água
- ✓ Clipes metálicos

QUESTÕES ESPERADAS EM CADA ETAPA

I. Dentre as possibilidades de respostas dos alunos para justificar a flutuabilidade dos barcos espera-se que apareçam inseridas nas respostas referências ao formato do barco e ao fato de haver partes ocas. Caso tais sugestões não se façam presentes, o professor solicita à turma que pense, por exemplo, nas condições necessárias para um balde afundar. Ou até mesmo um barco.

Com relação ao submarino, imaginando que pelo menos um aluno já o tenha visto, mesmo que na televisão, submergindo, espera-se que haja nas respostas referência à entrada e saída de ar.

II. Nesta etapa diversas explicações podem aparecer, sem que os alunos pensem nas impossibilidades históricas. É necessário estar atento às argumentações a fim de solicitar que busquem pensar em uma solução adequada para a época – dois séculos antes de Cristo.

Caso algum aluno, por já conhecer a história, tente pensar em uma solução em que se utilize a água; é interessante sugerir algo como “qual seria a SUA solução?”, com a finalidade de estimular a criatividade e o pensamento científico, mostrando que a Ciência não está pronta (fechada).

III. O ideal em cada pausa na apresentação é deixar os alunos falarem, argumentarem, apresentarem suas repostas para cada indagação. Na tabela a seguir são mostrados os momentos em que se sugere pausar o vídeo, com um breve comentário sobre o quê o vídeo apresenta nestes momentos e as respectivas respostas esperadas pelos alunos:

Tabela 4.1. Descrição do vídeo

Instante	Evento mostrado	O que se espera dos alunos
0min29s	É mostrada uma bolinha de isopor boiando sobre a água e outra afundando. O narrador pergunta: “o que faz a bolinha de isopor flutuar e a de ferro afundar?”	Uma provável resposta é o fato de a bolinha de ferro ser mais pesada do que a de chumbo. Espera-se que a turma sugira, também, a densidade da bolinha de ferro.

1min31s	O narrador pergunta: “se a água empurra a bolinha (de ferro) para cima, porque ela afunda?”	Certamente algum aluno fará a sugestão de que o módulo do peso da bolinha é maior do que o módulo do empuxo, uma vez que para esta aula já deve ter sido desenvolvido o tema Leis de Newton.
2min17s	É mostrado um experimento em que a bolinha de ferro, presa a um fio, por sua vez preso a um dinamômetro, será submergida na água.	O professor pode perguntar à turma o que acontecerá com a leitura do dinamômetro ao submergir a bolinha, ao que se espera que a turma responda que diminuirá.
3min13s	Até este momento do vídeo o narrador já discutiu o empuxo, mostrando que, para a bolinha, esta força é menor do que seu peso e, por isso, ela afunda. Em seguida, precisamente aos 3min13s, surge a imagem de um barco em uma marina, quando o narrador afirma: “como o barco flutua, necessariamente a intensidade da força empuxo é igual ao módulo do seu peso”.	Mais uma vez o professor pode interromper o vídeo para fazer uma pergunta à turma: se o barco flutua, o que podemos dizer a respeito do peso do barco e do empuxo aplicado sobre ele pela água? Espera-se que, baseados nas Leis de Newton, os alunos digam que estas forças “são iguais”, algo que o professor pode entender, refazendo a afirmação com os termos adequados, como as forças tendo mesma direção e intensidade, porém, sentidos contrários.
4min55s	Neste momento está sendo medido o empuxo em um cilindro de alumínio. O narrador então sugere: “será que o empuxo muda se o cilindro de alumínio for trocado por outro de acrílico, de mesmo volume?”	Espera-se que, fazendo relação ao caso das bolinhas de isopor e ferro, surja a suposição de que o empuxo mudará.
6min05s	Numa situação similar à anterior, o narrador sugere: “será que o empuxo muda se o cilindro de acrílico for trocado por uma placa	A mudança na forma do material certamente fará surgir uma rica discussão. Neste momento, espera-se que os alunos apontem seus

	de acrílico, de mesmo volume?”	argumentos utilizando exemplos conhecidos. O professor pode, inclusive, lançar algumas situações, como sugerir que pensem em um balde, ou uma balsa.
7min08s	Dessa vez, no mesmo experimento, o narrador sugere: “será que o empuxo muda se a água for trocada por glicerina?”	Uma vez que alunos do Ensino Médio, certamente, já ouviram falar no Mar Morto, ou em experiências que mostrem a diferença entre flutuação de corpos em líquidos de diferentes densidades (ovo flutuando em água pura e água com sal), espera-se que surja a idéia de que a mudança de líquido gera uma mudança no empuxo.
8min02s	Neste instante o narrador acaba de concluir que o empuxo da glicerina no cilindro de alumínio é diferente do empuxo da água. Na sequência o narrador afirmará: “logo, o empuxo depende do tipo de líquido”	Outro momento em que o professor pode interferir com uma pergunta: existe alguma relação entre o empuxo sofrido por um corpo e o líquido no qual o corpo está submerso?
8min37s	No vídeo é mostrado um líquido em que se destaca um volume equivalente ao tamanho do cilindro submerso. Neste volume destacado são analisadas as forças externas atuantes.	Este é um momento em que os alunos, provavelmente, terão algumas dúvidas devido a um grau mais elevado de abstração. É necessário fazer uma pausa para explicar melhor a ideia de uma porção de líquido na qual forças estão atuando.

IV. Ao tentar colocar o ludião equilibrado, é provável que os alunos associem o motivo da submersão ao incremento de pressão aplicada ao sistema quando se aperta a garrafa. O professor pode, então, interferir, sugerindo que prestem

atenção ao líquido no interior do tubo, e que pensem sobre o ar contido ali, sempre lembrando as variáveis envolvidas no sistema.

Naturalmente, estas são respostas que se espera que os alunos forneçam. O trabalho em sala de aula é muito dinâmico, de tal maneira que outras discussões podem surgir, sendo fundamental que o professor domine o conteúdo. Eventualmente um aluno pode lançar uma pergunta originada em algum texto que tenha lido anteriormente, ou baseada em sua vivência, algo que tenha observado e o professor precisa estar preparado para tais situações.

CAPÍTULO 5

APLICANDO AS ATIVIDADES – UMA ANÁLISE PRELIMINAR

A seguir é apresentada uma aplicação⁴ do trabalho desenvolvido no Colégio Pedro II, com alunos do segundo ano do Ensino Médio Integrado, com formação técnica em Meio Ambiente, do ano de 2011 (figura 5.1). Foi escolhida esta turma devido ao número reduzido de alunos (aproximadamente 20)⁵ em relação às outras (aproximadamente 30). Além disto, a turma já havia estudado os conteúdos necessários à realização das atividades.

DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

Devido à organização curricular da turma e por questões de horário da sala disponível, houve dificuldade para agendar no contraturno as atividades. Elas foram realizadas em dias diferentes, separadas de acordo com a ordem em que são apresentadas neste trabalho: no primeiro dia, a sequência sobre Pressão e no segundo, sobre Empuxo; para tanto, a turma foi dividida em quatro grupos.



Figura 5.1. Introdução às atividades

⁴ Devido ao curto tempo do curso de mestrado e a necessidade de um produto final, esta aplicação serviu como primeira avaliação da atividade.

⁵ Na realidade a turma é composta por 26 alunos. Entretanto, alguns, devido ao estágio, não puderam participar da atividade, por isso o termo *aproximadamente* 20.

Para cada atividade, um grupo somente foi analisado ⁶. Por outro lado, ao serem feitas perguntas à turma algum aluno de outro grupo realizava contribuição que, uma vez julgada interessante, foi também incorporada à discussão. Os nomes dos alunos foram alterados com a finalidade de preservar sua identidade.

A atividade começou com uma introdução sobre o tema Pressão. Foi solicitado então à turma que listassem as variáveis associadas à pressão exercida por uma força, e como é a relação entre as mesmas, a fim de que se verificasse o que eles já sabiam. Nesta primeira parte foram sugeridas por eles algumas grandezas que me permitiram perceber que os alunos estavam pensando nos conceitos de Gases Perfeitos, desenvolvidos em aulas anteriores de Química, tal como se percebe pelas falas a seguir:

Mariana: Temperatura e volume. Só isso que eu lembro, que era aquele negócio de $p.v$ igual a... não lembro direito.

Artur: É, tem também aquele negócio de “piviti, povoto”... só não lembro do valor do R.

Dessa forma, sugeri que pensassem na situação que, talvez já tivessem visto na televisão ou vivenciado, em que uma pessoa, para andar na neve, coloca uma raquete nos pés, ao que vários alunos concluíram rapidamente que as variáveis são *força e área de aplicação*.

Em seguida, com a finalidade de estabelecer a relação entre as três grandezas, solicitei à turma que fizessem a dinâmica do lápis na mão (apertá-lo com um dedo em cada extremidade), conforme descrito no capítulo 4, e em seguida perguntei: em qual dedo a força aplicada pelo lápis é maior, se for o caso, e por quê? Houve quem respondesse que é maior no dedo onde está a ponta fina e outros que afirmassem ser igual nos dois dedos. Solicitei, então, que discutissem sobre essa dinâmica dentro dos grupos, buscando uma

⁶ A técnica de gravação em áudio sempre apresenta problemas e deve-se escolher aquela que une melhor qualidade sonora e maior participação dos alunos.

explicação para a hipótese a que chegariam. Dessas discussões surgiram algumas falas interessantes:

Mariana: A força é igual, só que incomoda mais na ponta fina.

Helio: A força é igual?

Patrícia: A força é igual, só que a área é menor, por isso a pressão é maior.

Professor: E por que a força é igual?

Mariana: É inércia! É porque ele ta parado?

Roberto: A resultante é zero.

Mariana: Eles estão em equilíbrio, porque as forças são iguais e quando as forças são iguais eles estão em equilíbrio.

Durante aproximadamente três minutos de discussão circulei pela sala, escutando como estava a discussão entre os grupos. Ao perceber que os grupos haviam chegado cada um à sua conclusão, abri a discussão para a turma, solicitando que cada grupo apresentasse a sua explicação.

O primeiro grupo apresentou a explicação de que a força é a mesma, mas a área de contato da ponta fina faz com que a pressão no dedo em contato com ela seja maior. Ao ouvir esta explicação alguns grupos fizeram pequenas discussões, em voz baixa, chegando à mesma conclusão. Ainda analisando as gravações, os dados mostram que vários responderam coisas parecidas, alguns fundamentados na 1ª Lei, outros na 3ª Lei de Newton.

Em seguida, passei para a segunda etapa desta primeira parte: aplicação do conceito de pressão aos gases. Enquanto eu descrevia o que estava fazendo com a seringa, alguns alunos me interrompiam, adiantando até o que eu iria perguntar.



Figura 5.2. Aplicação do conceito de pressão aos gases

Professor: Estou fechando a saída da seringa e vou puxar o êmbolo.

Raissa: O êmbolo vai voltar.

Professor: Quando eu soltar o êmbolo volta... Por que você acha isso?

Mariana / Roberto: Por causa da pressão, ué...

Raissa: Por causa do ar.

Professor: Explica isso um pouco melhor.

Helio: Tinha um pouco de ar; puxando o êmbolo, aumenta o espaço pra esse ar e ele fica mais disperso.

Professor: Entendi! E aí? Quando eu aumento o espaço, o que eu estou aumentando?

Luciana: Volume!

Professor: Então, gente, se eu aumento o volume...? O que vocês acham que vai acontecer que será responsável pelo que vai acontecer com o êmbolo?

Mariana: Aumenta a pressão.

Professor: Aumenta qual pressão?

Mariana: A pressão do lado de fora.

Professor: Aumenta a pressão do lado de fora?

Mariana: Não, a do lado de dentro.

Professor (): Ok. Então, turma, eu queria que todos pensassem conosco: o que eu posso fazer para estourar uma bola de aniversário, em termos de pressão?*

*Mariana (**): Diminui a pressão...? Não sei! Me confundiu agora.*

Roberto: Aumentar.

Professor: Eu queria que vocês discutissem isso um pouco melhor.

Tânia: O ar fica mais disperso, então a pressão fica menor.

Professor: Então, pessoal, eu agora vou fazer o contrário: vou puxar o êmbolo e depois tampar; em seguida, vou empurrar o êmbolo e soltar. O que acontecerá em seguida?

Mariana: Volta.

Professor: Por quê?

Mariana: Por que a pressão lá dentro fica maior.

Professor: Por quê?

Tânia: Por que o ar fica mais comprimido.

Mariana: Ah! Entendi!

Professor: Então, gente, diminuindo o volume, o que acontece com a pressão?

Todos: Aumenta.

A partir dessas falas foi possível, como é mostrado na figura 5.3. a seguir, identificar o Padrão de Toulmin.

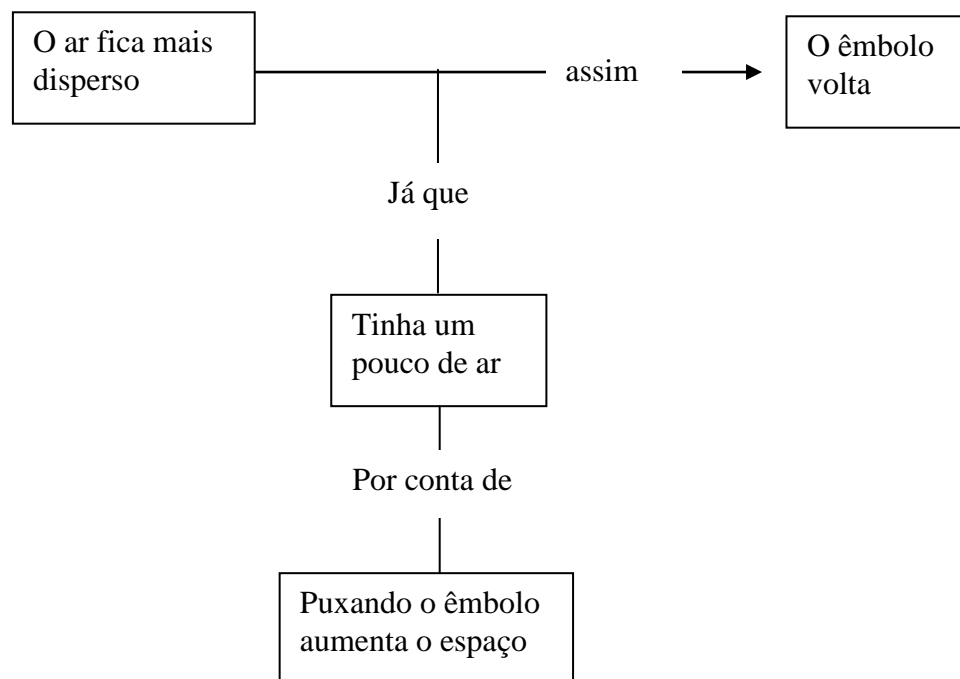


Figura 5.3. Argumentação da seringa

Pelo argumento utilizado por mim (*) notei um ajuste a ser feito na atividade: caso tivesse comigo bolas de aniversário, poderia ter solicitado à turma que realizassem, em vez de pensar sobre uma bola estourando.

As perguntas feitas à turma, eventualmente, podem gerar dúvida e tensão. Numa situação dessas, eventualmente, o aluno confuso pode lançar mão de tentativas, sem respaldo teórico, ou um raciocínio mais aprofundado sobre o assunto – conhecido popularmente como *chute*, tal como se percebe pela fala de Mariana (**). Através desta fala percebe-se mais claramente que fazer uma boa pergunta, que não resolva o problema, mas que ajude o aluno a encontrar a solução é fundamental para o desenvolvimento de uma atividade como estas.

Lembrei à turma, então, o conceito de recipiente *hermético*. Alguns supunham se tratar de vácuo. Perguntei então o que é *vácuo*, e prontamente foi estabelecida a diferença entre estes dois conceitos. Relacionando em seguida a pressão de um gás e o volume ocupado por ele.

Na sequência, perguntei se já haviam ouvido falar no Mar Morto, mais uma vez querendo avaliar suas concepções prévias. Alguns responderam positivamente, acrescentando “é onde as pessoas bóiam mais”, ao que eu perguntei: por que isso? Responderam, então: “acho que é por causa da densidade, né?” E outros acrescentaram: “é, tem aquela experiência do ovo, que bóia mais por causa da densidade...”.

Coloquei, então, lado a lado quantidades iguais de óleo e água, em garrafas separadas. Em seguida perguntei: “os pesos dessas duas amostras são iguais?” ao que responderam negativamente. Naturalmente, perguntei o porquê, e a resposta foi rápida: “por que têm densidades diferentes”. Na sequência perguntei o que aconteceria se misturasse os dois e imediatamente responderam que o óleo ficaria por cima, uma vez que sua densidade é menor.

Sugeri, finalizando esta etapa, que se os líquidos têm densidades diferentes, então seus pesos são diferentes e conseqüentemente as pressões exercidas por eles na mesa também são diferentes. Sendo assim, ao mergulhar até uma mesma profundidade, em líquidos diferentes, estaria submetido a pressões diferentes.

Não havendo qualquer questionamento, dei continuidade, passando para a etapa seguinte: após sugar, sem beber, um pouco de óleo através do canudo, pedi que discutissem e explicassem como se dá este processo de sucção.

Ingrid: A gente puxa o ar aí vem o líquido e sobe pelo canudo.

Roberto: Tira o ar de onde?

Mariana / Tânia: Do canudo.

*Mariana (**): Quando a gente puxa, o que vem é o ar, e o espaço tem que ser preenchido por alguma coisa, aí o líquido sobe.*

Ingrid: Tanto que quando você assopra, o ar entra, o líquido sai e borbulha.

Mariana: E borbulha, é.

Tânia: No posto de gasolina a pessoa bota a borracha, e puxa e segura o ar pra tirar a gasolina.

*Mariana: Nunca vi fazer isso! Já fiz com água, nunca com gasolina!
(risos)*

Helio: Sempre bebe gasolina quando faz isso.

Na sequência, foi solicitado aos grupos que explicassem para que todos da turma ouvissem. O primeiro grupo a falar foi justamente o que está sendo analisado. A aluna Mariana repetiu, agora para a turma toda, o que havia falado dentro do grupo (**), ao que perguntei:

Professor: Então, quando você puxa o ar, você está tirando o ar todo?

Mariana: Não.

Professor: Se apertarmos um desodorante, logo, logo todo mundo vai sentir o cheiro, certo?

Todos: Sim.

Professor: Por quê?

Mariana: Porque o desodorante se espalha pelo ambiente.

Professor: Então, como fica essa situação?

Ingrid: O ar fica em volta do líquido?

Mariana: Ele fica dentro? Sei lá...

Professor: Dentro do líquido?

Ingrid: Em volta do canudo?

Tentando entender o raciocínio das alunas, resumi as ideias:

Professor: Então é como se fosse formada uma parede de ar e o líquido subisse pelo meio?

Mariana: Não! Calma aí... Quando ele ta parado ou quando você ta sugando?

Professor: Vamos imaginar o líquido subindo lentamente, como na super câmara. Existe uma parede de ar ali dentro?

Mariana: Não, fica misturado...

Passei então para o desafio: entreguei uma caixinha de leite a cada aluno e solicitei que o bebessem sem sugá-lo pelo canudo. Pedi ainda que desenvolvessem uma explicação para a solução adotada pelo grupo. Da discussão realizada pelo grupo analisado ao longo desta atividade pode-se destacar algumas falas, nas quais é possível perceber alguns conectivos do padrão de argumentação, conforme mostrado pelas figuras 5.4 e 5.5 a seguir:

Mariana: Gente, já sei, é quando você bota o ar pra dentro e aí ele sobre pelo canudo!

Roberto: Assim, ó!

Mariana: É só apertar a caixinha! Fiz muito isso quando era criança. Pode ser apertando a caixa, professor?

Tânia: Você ta sugando!

Mariana: Não, não to, olha aqui!

Helio: Bota o canudo reto.

Mariana: Professor! Consegui! É só apertar aqui, ó!

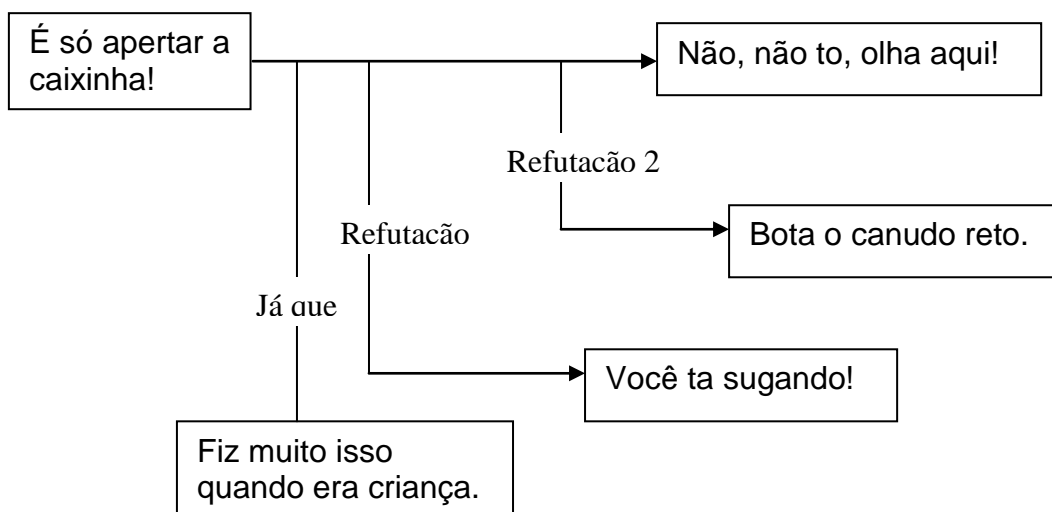


Figura 5.4. Argumentação da atividade do leite – discussão intermediária

Tânia: Gente, não tem como fazer isso!

Mariana: É só apertar devagar, não aperta com força.

Helio: O problema é que você não furou certinho, aí sai pelo lado.

Tânia: Mal ou bem você acaba sugando de qualquer jeito.

Mariana: Não, você não ta fazendo direito.

Roberto: Quando eu era pequeno, eu fazia isso direto.

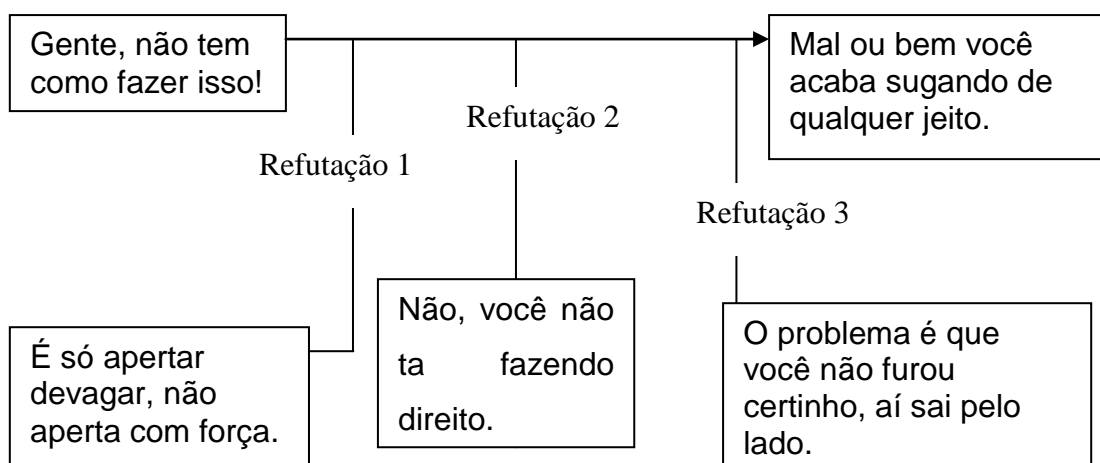


Figura 5.5. Argumentação I da atividade do leite – discussão intermediária

Professor: Eu queria agora que vocês explicassem como é o funcionamento da maneira que vocês arranjaram.

Mariana: *Você aperta a caixinha, aí...*

Roberto: *... diminui o volume, aumentando a pressão e o leite sobe pelo canudo.*

Nestas últimas falas fica bem claro que os alunos estão apresentando uma solução fundamentada em argumentos teóricos de maneira correta, conforme mostrado através da figura 5.6 a seguir:

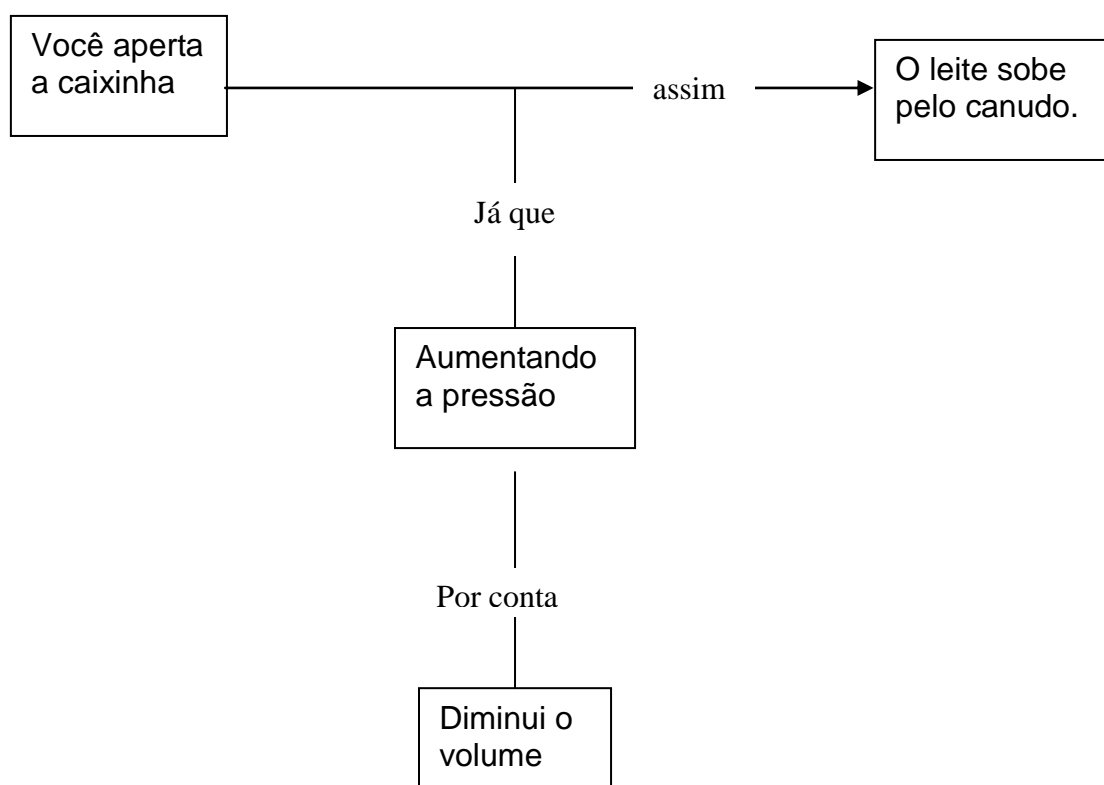


Figura 5.6. Argumentação II da atividade do leite

Alguns alunos de outro grupo resolveram o problema utilizando o canudo para fazer uma pipetagem, que consiste em colocar o canudo no líquido, tapá-lo com o dedo e tirar o canudo do líquido. Neste procedimento uma porção do líquido, correspondente à superfície livre fora do canudo, permanece dentro do mesmo. Em seguida, o canudo é levado à boca, onde se retira o dedo. Este processo é similar a um conta-gotas.

Este grupo, de forma bastante eufórica, apresentou sua solução, antes mesmo de ser feita a mesa redonda, chamando a atenção dos demais grupos.

Perguntei, então, abrindo a discussão à turma, como é o funcionamento da pipeta e por que o líquido não cai. Da discussão realizada neste momento, destaca-se:

Roberto: Por causa da pressão dentro do canudo.

Professor: Então por que o líquido cai quando eu aperto o canudo?

Roberto: A pressão dentro do canudo é diferente.

Professor: Diferente de quem?

Roberto: Da atmosférica.

Professor: Qual é a pressão lá dentro do canudo, então?

Roberto: Atmosférica.

Professor: E do lado de fora?

Roberto: Atmosférica.

Professor: Então, por que o líquido não cai?

Roberto: Ah ta! Por que as pressões estão em equilíbrio.

Comentei, então, que havia visto outra solução, pedindo que os responsáveis se apresentassem. Outro grupo se levantou e disse: “nós jogamos ar dentro da caixinha”. Pedi, então que explicassem, e a resposta foi: “jogando ar lá dentro, tem pouco espaço pra muito ar, então a pressão aumenta e o ar empurra o leite pra baixo, que sobe pelo canudo.” Esta explicação deixa claro que os alunos se basearam em conceitos teóricos para construir sua argumentação, utilizando-os adequadamente.

Pedi que fizessem um desenho para ilustrar a explicação:

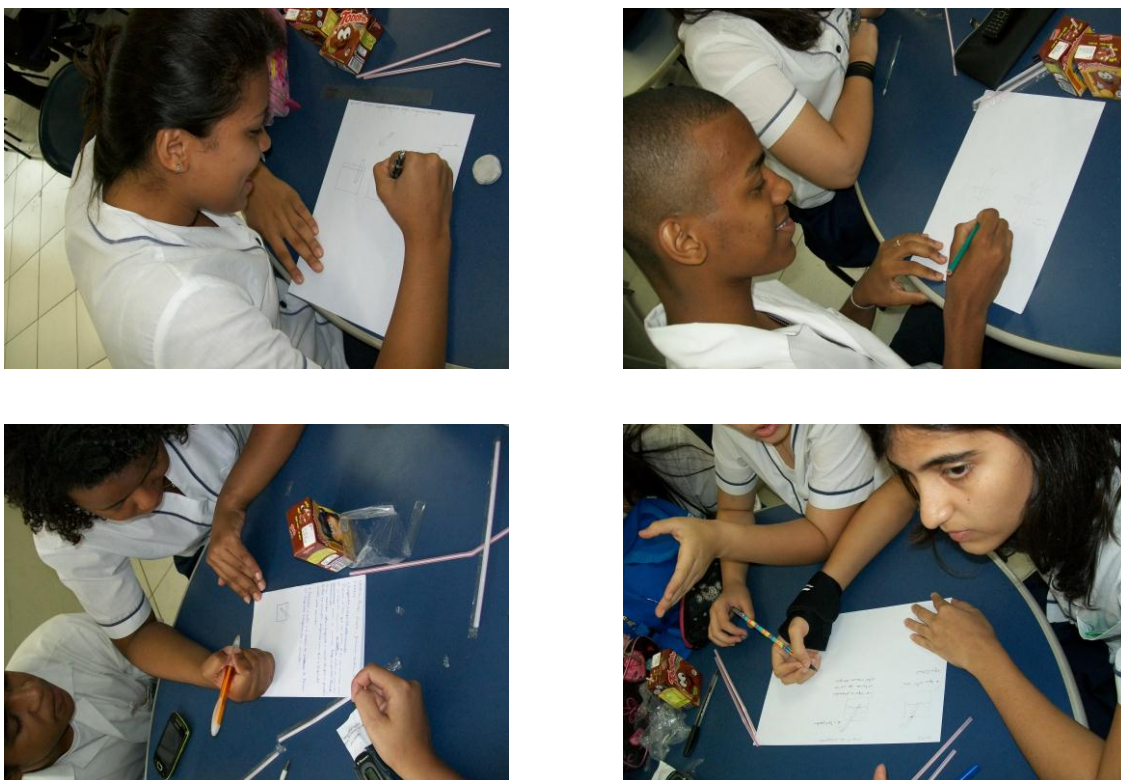


Figura 5.7. Alunos produzindo esquemas

Durante a confecção do desenho, surgiram algumas discussões:

Ingrid: Deixa um espaço para o ar.

Mariana: O líquido tem que ficar na mesma altura dentro e fora do canudo, por causa do equilíbrio.

Tânia: Eu botei um volume diferente pra mostrar que o ar vai entrar...

Esta conversa evidencia o fato de que a produção de um desenho/esquema gera outras discussões, possibilitando ainda o surgimento de novos questionamentos ou chamar atenção de alguns alunos para detalhes que porventura não tenham percebido. Tais questionamentos podem ser resolvidos com a utilização de outros conceitos, que não tenham sido necessariamente aproveitados até então.

E o desenho produzido pelo grupo analisado é mostrado a seguir, na figura 5.8:

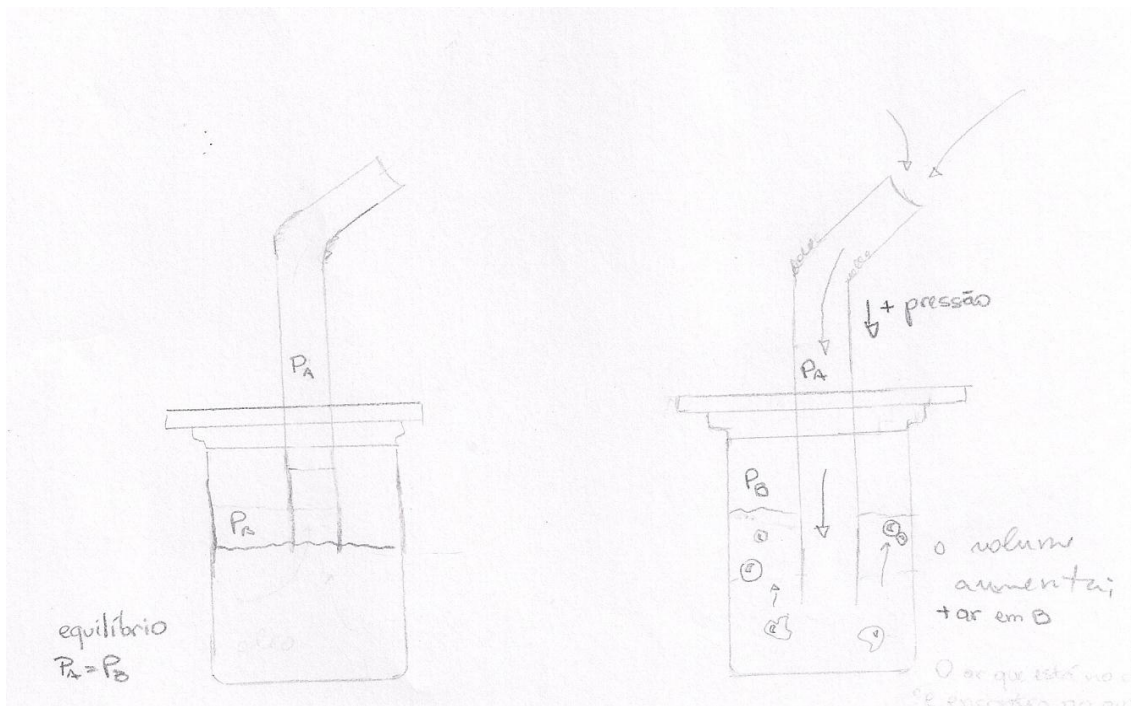


Figura 5.8. Esquema produzido pelo grupo

Conforme comentado, alguns detalhes ficam evidentes através do desenho. Neste esquema apresentado pelo grupo, na figura da esquerda, percebe-se um pequeno equívoco ao afirmar que o equilíbrio acontece com a parte do líquido dentro do canudo acima do nível do líquido externo. De acordo com as gravações, este desenho deu origem às falas das alunas Mariana e Tânia no último diálogo.

Também se percebe algo que merece certa atenção no desenho da esquerda. Os alunos escreveram que o volume aumenta, pois há mais ar naquele espaço. Há que se questionar o que está por trás deste raciocínio. Espera-se que o aluno faça esta afirmativa baseado em um aumento de *pressão* provocado pela entrada de ar, que deu origem a um aumento de volume, que, por sua vez, fez o leite subir pelo canudo.

Na sequência, lancei o desafio de beber a água com um canudo dentro e outro fora. Alguns alunos quiseram participar, conforme pode ser visto nas imagens a seguir:



Figura 5.9. Alunos realizando o desafio

Alguns conseguiram, mas todos mostraram dificuldade em realizar a tarefa. Pedi que os grupos tentassem explicar essa dificuldade, ao que surgiram algumas respostas:

Ingrid: Dividindo o que estou puxando por dois canudos, o líquido vai levar mais tempo pra subir.

Mariana: Não! É que o ar é mais leve, então é mais fácil de puxar. A água, por ser mais densa não consegue subir, já que você divide a força pelos dois canudos.

Professor: Que força?

Mariana: Da sucção.

Após certo tempo de discussão, foi feita uma mesa redonda, em que cada grupo apresentou a sua explicação. Foram apresentados alguns argumentos e, finalmente, surgiu uma discussão interessante entre os grupos, na qual se podem verificar um padrão de argumentação bastante rico, como é mostrado na figura 5.10 na sequência:

Patrícia: Como a água é mais densa que o ar, é muito mais fácil puxar o ar, por isso a água não sobe.

Ingrid: Não, na verdade é porque você divide o que você tá puxando por dois canudos, assim, a água sobe mais devagar.

Vanessa: Não é por isso. É como aquele negócio do homem que vai andar na neve. A área de contato do canudo é pequena, e a do ar é grande. Aí você precisa fazer uma força muito grande pra puxar, pra fazer a pressão necessária.

Luciana: Eu discordo do que ela falou. Se você botar um canudo na água e outro fora da água, e tampar o que está fora da água, e você puxar a água, ela vem normal...

Professor: Então como você, de acordo com o seu ponto de vista, conserta o que ela falou? O que está de diferente? Qual é a sua ideia ao tampar o canudo que está para fora?

Luciana: É difícil de explicar... tudo gira em torno do equilíbrio, entendeu? Se você tem um canudo dentro d'água e outro na pressão atmosférica, quando você puxa, a pressão desse canudo vai se manter a mesma. Do canudo que tá puxando o ar atmosférico. É, é tipo isso.

Professor: Qual é a diferença?

Luciana: A diferença é que quando você puxa e o canudo não ta tampado, entra o ar atmosférico, a pressão não muda. É como tentar beber com o canudo de boca aberta. Não dá pra diminuir a pressão dentro da boca.

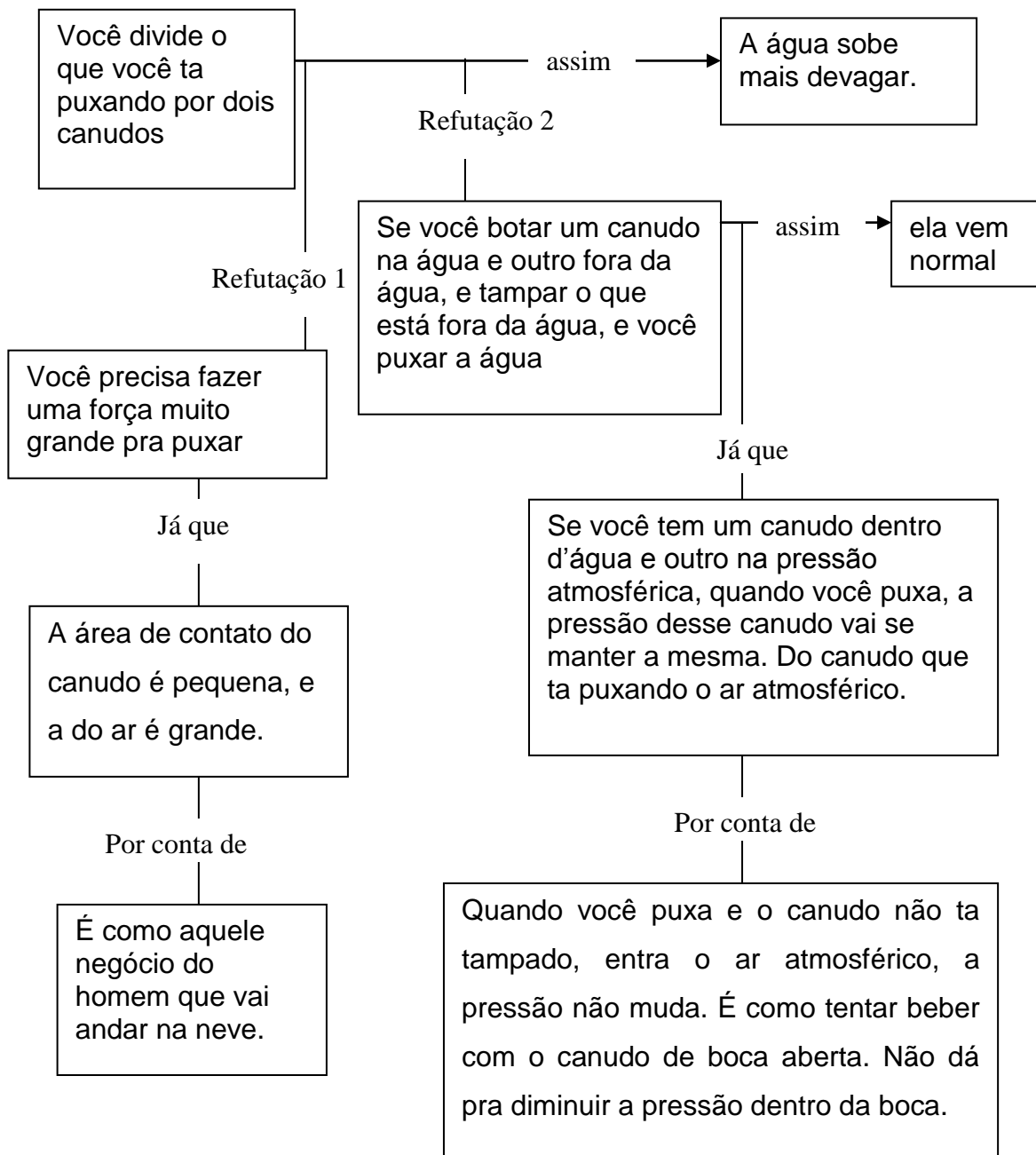


Figura 5.10. Argumentação da atividade dos canudos

Em seguida foram feitos alguns comentários finais e combinou-se o encontro seguinte, quando aconteceu a segunda parte da atividade, sobre Empuxo.

No segundo encontro não foi possível manter os mesmos grupos, pelas mesmas complicações de horários comentadas no início do capítulo. Este momento começou com duas perguntas: *porque um barco não afunda? E como é o funcionamento de um submarino?* Iniciou-se, então, a primeira discussão, de onde se podem destacar algumas falas dos alunos, sem interferência do professor:

Roberto: Acho que, tipo assim, a estrutura dele em contato com a água, meio... meio cônica, não sei ao certo

Raissa: Acho que também pode ser por causa da densidade da água. A pressão que a água tem e a do ar, porque ele tá em cima da água, mas ele também tá em contato com o ar.

Roberto: Porque quando você coloca uma bola na água e empurra ela pra baixo, ela empurra sua mão pra cima?

Tadeu: Olha só, porque a gente bóia? Quando a gente bóia a gente enche o pulmão de ar... O caso da bola é o mesmo: a bola está cheia de ar, por isso não afunda. Agora, o barco tá cheio de ar...

Roberto: Não, o barco tá cheio de ar. Mas, a pressão que é exercida no barco é diferente da pressão exercida na água.

Raissa: É diferente.

Roberto: O submarino tem ar dentro dele.

Helio: O submarino consegue regular sua pressão.

Tadeu: Isso!

Raissa: Os grandes navios, geralmente, têm uma parte grande embaixo, onde a água entra e sai. Eu já vi isso. Agora, submarino eu não sei... muito difícil!

Roberto: Já percebeu quando você pega um balde, vazio e coloca na piscina? Quando a água entra, ele afunda.

Após algum tempo de discussão foi feita uma mesa redonda, em que cada grupo apresentou suas explicações. O grupo analisado argumentou:

- ✓ Em primeiro lugar, o barco não flutua: ele bóia. Flutuar seria estar sem contato com nenhuma superfície.
- ✓ Em segundo lugar, tem a ver com a área de contato do barco com a água; tem a ver com a densidade da água, que é diferente da do ar; e tem duas pressões diferentes: a do ar e a da água.
- ✓ Ele não afunda por que o peso dele não é maior do que o peso que a água exerce sobre ele, quer dizer, uma força, tipo a normal, mas eu sei que não é a normal.

Na sequência, perguntei à turma se já haviam ouvido falar na história de Arquimedes e a coroa do rei. Alguns já tinham ouvido, mas as únicas coisas de que se lembravam era do termo *eureka* e de a coroa ser falsificada. Apresentei então o problema que Arquimedes foi incumbido de resolver e, dizendo-lhes que a partir daquele momento cada grupo se chamava Arquimedes, solicitei que buscassem uma maneira de resolver o problema.

Helio: Podia morder a coroa, pois o ouro é maleável.

Raissa: Nada a ver...

Helio: É sim, o outro é maleável. É só morder: se amassar é ouro, se não amassar, não é ouro.

Artur: Pode cortar a coroa. Se ela for banhada a ouro, o corte vai mostrar a parte de dentro.

Helio: Mas pode estar misturado...

Artur: *Mais aí a cor não ia estar alterada?*

Raissa: *Talvez sim, talvez não.*

Artur: *Também ia mudar a viscosidade...*

Roberto: *O ouro, para fica líquido, precisa estar em muito alta temperatura. Se colocar a coroa no fogo e ela rapidamente ficar líquida, então não é ouro.*

Artur: *Mas aí tem outros problemas: você tem que garantir que a fonte de calor é constante, tem que ver a massa...*

Roberto: *É... você tem razão, desse jeito vai ficar complicado.*

E dessas falas podem se destacar algumas discussões, como as mostradas através das figuras 5.11, 5.12 e 5.13 a seguir:

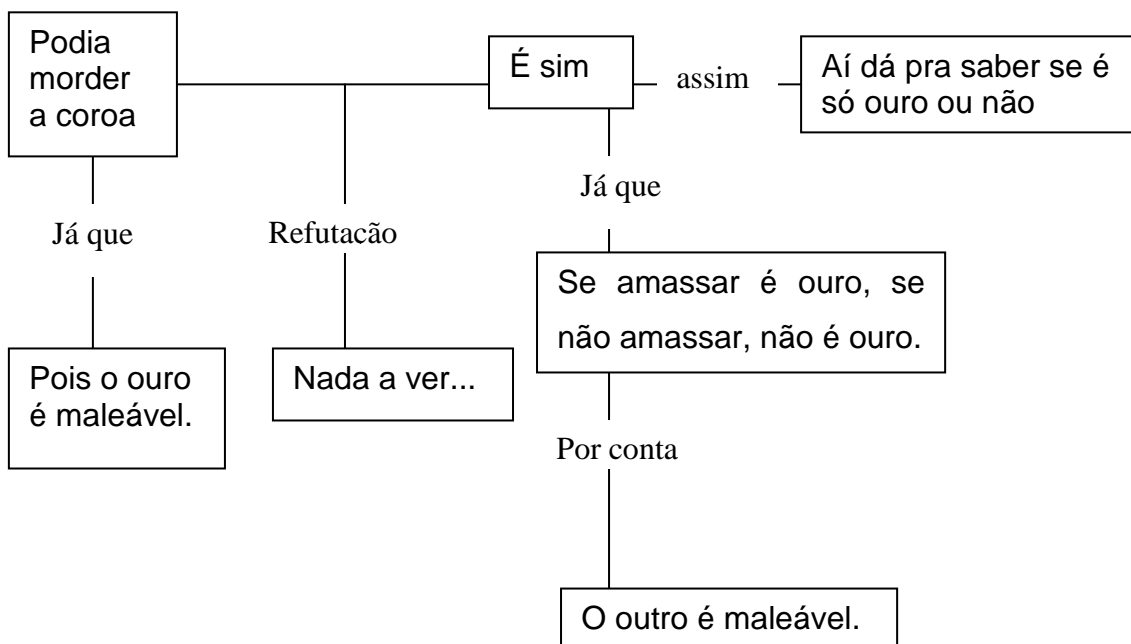


Figura 5.11. Argumentação I da coroa

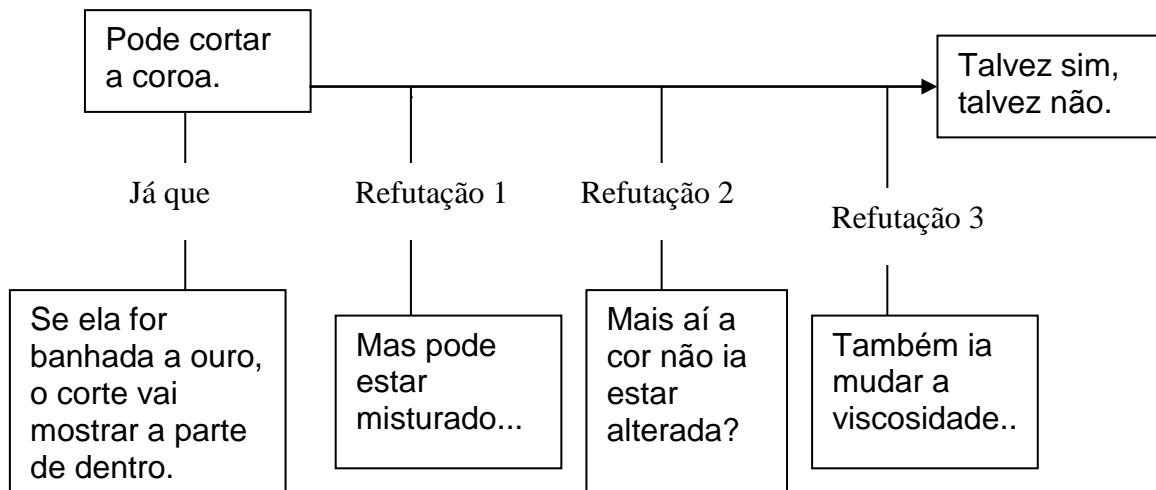


Figura 5.12. Argumentação II da coroa – discussão intermediária

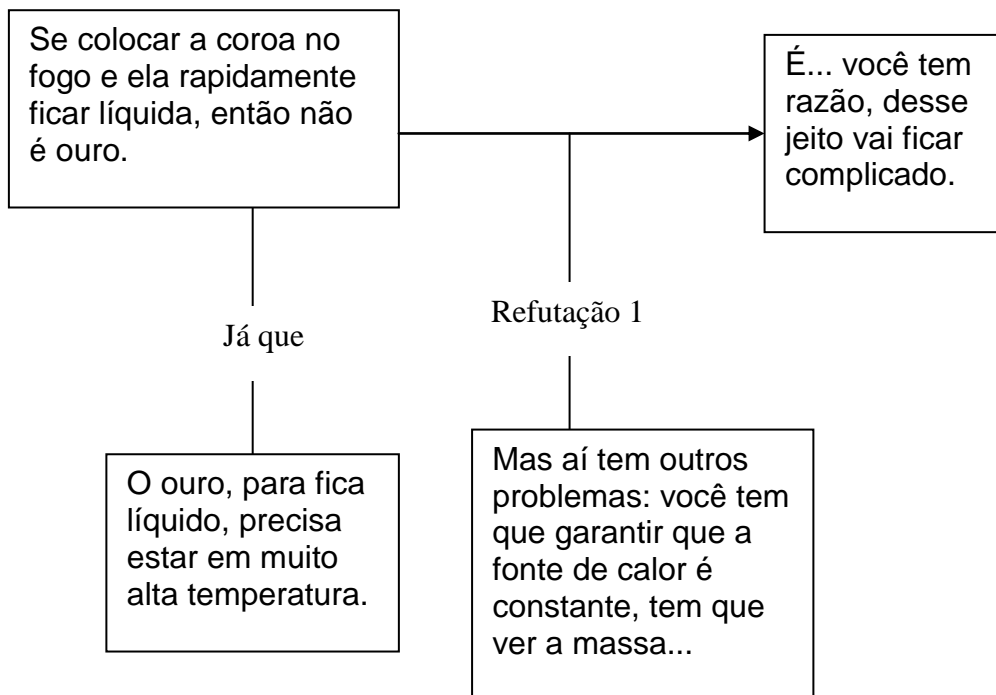


Figura 5.13. Argumentação III da coroa – discussão intermediária

Interrompi então a discussão para entregar o texto sobre Arquimedes a fim de que o lessem e discutissem. Após a leitura, perceberam que o que é relatado por Marcus Vitruvio (MARTINS, 2000) é similar ao que Vanessa (outro grupo) havia proposto, exceto por algumas diferenças.

Em seguida, foi passado o vídeo Flutuação dos Corpos, de acordo com a sequência descrita no capítulo 4. Algumas respostas dadas foram:

0:29: *Por causa da densidade!*

3:13: *Por causa da densidade do mar e da quantidade de água que ele desloca.*

4:55: *Vai mudar, por que eles têm pesos diferentes, já que têm densidades diferentes. A indicação no dinamômetro muda.*

6:05: *Acho que não, por que vai deslocar a mesma quantidade de água.*

7:08: *Aí muda, com certeza! Não tem a ver com a densidade do líquido, que nem no Mar morto?...*

8:02: *Quanto mais denso é o líquido, maior é o empuxo.*

8:37: *De fato, alguns alunos não entenderam a ideia. Foi necessária uma explicação detalhada.*

Finalmente, após interromper o vídeo aos 11min08s, foi solicitado aos grupos que rapidamente desenvolvessem uma explicação para a questão do barco não afundar. A resposta do grupo selecionado foi:

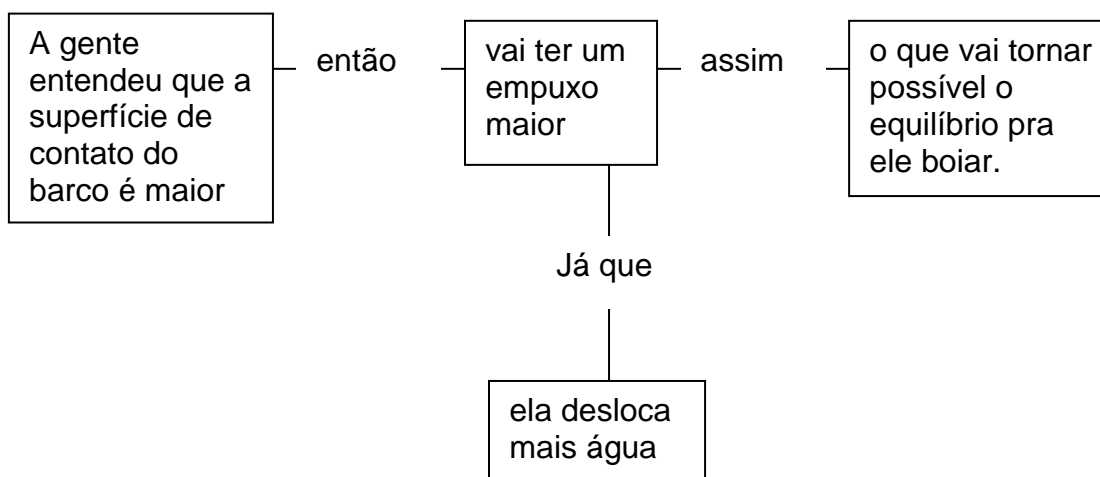


Figura 5.14. Argumentação do equilíbrio do barco.

Em seguida foi entregue o último desafio aos grupos: equilibrar o ludião a meia altura e explicar seu funcionamento.



Figura 5.15. Apresentação do ludião

As argumentações do grupo selecionado foram:

Raissa: Presta atenção: quando você olha ela sem apertar, a água ta aqui, nessa altura; quando você aperta, entra água na caneta e isso faz com que o volume fique diferente, por causa da pressão.

Tatiana: Peraí, vamos concluir: quando aperta a garrafa, entra água na caneta. Aí aumenta o volume de água dentro da caneta; se esse volume aumenta...? Se o volume aumenta, o empuxo aumenta ou diminui?

Raissa: Se o empuxo aumenta, então tem que boiar, e não descer. Nesse caso, a água se desloca pra dentro da caneta!

Tadeu: O ar vai ser comprimido! Então diminui o volume...

Artur: Isso! Aumenta a densidade e é por isso que a caneta cai.



Figura 5.16. Grupos discutindo sobre o ludião

E dessa discussão, destacam-se as falas, como mostrado nas figuras 5.16 e 5.17:

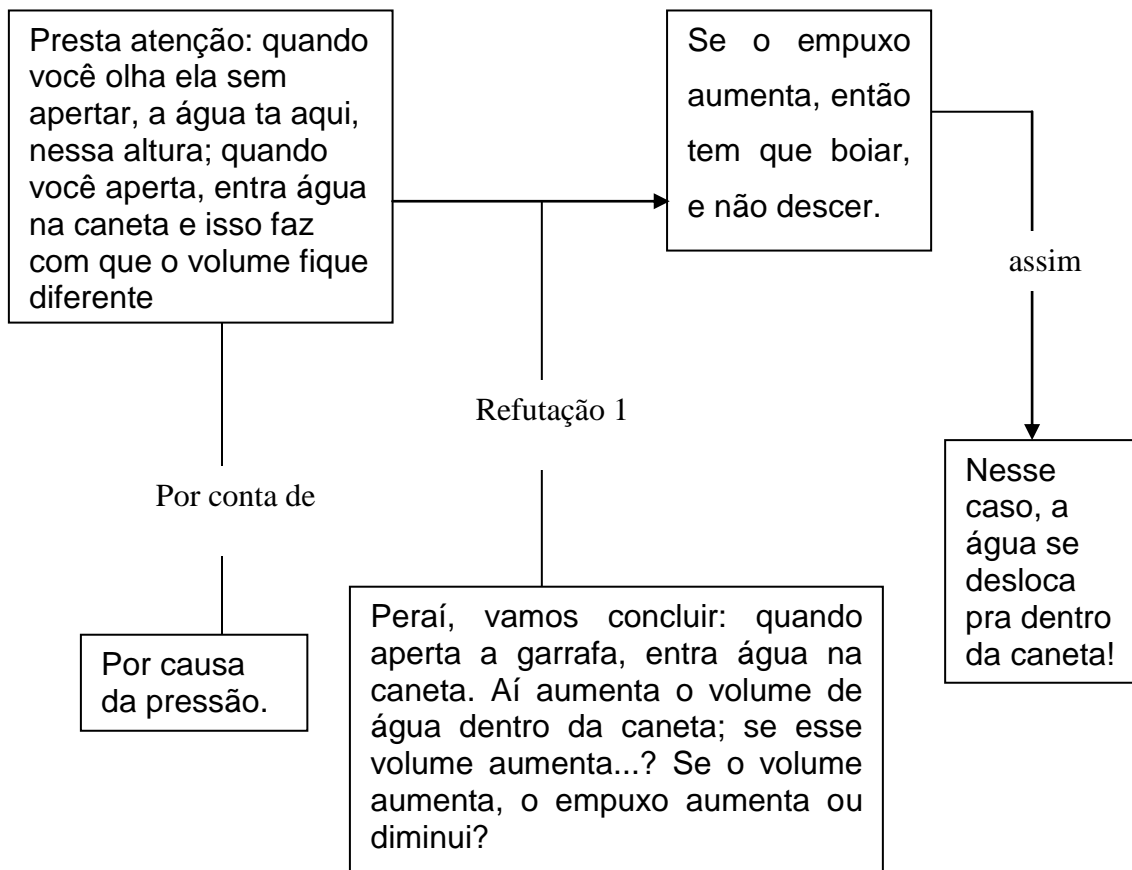


Figura 5.17. Argumentação I sobre o ludião

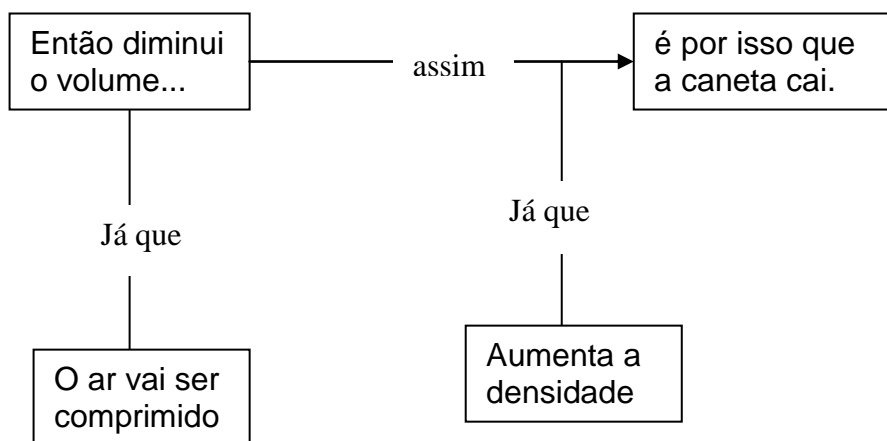


Figura 5.18. Argumentação II sobre o ludião

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do pré-teste se mostrou bastante positiva. Vários alunos demonstraram muito interesse durante a realização das atividades e, ao fim de cada sequência, muitos vinham fazer comentários comigo como “professor, foi muito legal, tinha que ser sempre assim!”. Tal fato torna-se ainda mais eloquente quando lembramos que estas atividades foram agendadas em contra-turno, no final do ano letivo, sem que fosse atribuída qualquer pontuação na média. E, mesmo acontecendo em dias diferentes, a presença dos alunos foi expressiva.

Escutar as gravações abriu meus olhos para a minha forma de trabalhar. Notei que em alguns momentos, por estar habituado com o (e ser formado pelo) ensino tradicional, conduzi o raciocínio da turma, às vezes até tirando conclusões por eles, o que não está de acordo com a proposta. Conforme discutido anteriormente, um professor comprometido com uma educação efetiva deve sempre reavaliar sua conduta em sala de aula (prática reflexiva), a fim de se tornar um profissional cada vez melhor, e isto é algo que sempre procuro fazer: auto-avaliação. Certamente, numa próxima experiência me controlarei mais.

Analisando a argumentação dos alunos notei que o Padrão de Toulmin pode, de fato, ser uma ferramenta eficaz na avaliação da argumentação dos estudantes. Mesmo que alguns acabem falando “besteiras”, brincando com seus colegas durante as discussões – atitude inerente a um grupo de adolescentes – é possível retirar das gravações discussões extremamente ricas, que nos mostram como um estudante pode se comportar diante de um desafio, ao argumentar, utilizar conhecimentos, tirar conclusões. Em diversos momentos foi possível identificar os alunos atribuindo qualificadores, refutando o que outros estavam afirmando. Para isto foi fundamental a realização de mesas redondas, pois ao escutar o que um grupo apresentava eventualmente outro grupo repensava sua linha de raciocínio. Fora o fato, que estima-se, jamais ficará esquecido, tornando, por conseguinte, o aprendizado perene.

Pude perceber, também, que a participação do professor em algumas situações é imprescindível. Passear pelos grupos me ajudou a bolar perguntas que ajudariam o grupo a evoluir, sem dar a solução para determinados impasses. Dessa forma, ficou ainda mais clara a ideia de que a turma não pode ser muito grande, pois isso demandaria muitos grupos (ou grupos muito grandes), o que dispersaria minha atenção (ou a do grupo).

Particularmente, sobre o conteúdo trabalhado, foi possível perceber durante as gravações o cuidado dos alunos em utilizar adequadamente os conceitos físicos em cada situação, assim como seu crescimento dentro de cada atividade. Conhecimentos prévios e os formulados durante a atividade apareciam constantemente através de afirmações, refutações ou mesmo na forma de uma correção que determinado aluno fazia com relação à fala de outro. O mesmo foi percebido nos desenhos por eles produzidos e nas respostas às perguntas propostas ao longo ou ao fim de cada atividade.

Esta sequência de atividades investigativas, como diversas outras, apresenta aspectos alguns positivos e outros negativos. Particularmente no contexto atual encontrado no magistério brasileiro pode-se destacar como pontos positivos:

- ✓ Os alunos têm a possibilidade de contribuir com o seu ensino. A partir de sua vivência e de conhecimentos adquiridos anteriormente, eles poderão perceber, em cada etapa, quais são as variáveis relevantes, e quais não são, para os conceitos desenvolvidos em conjunto com a turma. Além disso, poderão, também, atentar para eventuais conteúdos estudados em outras situações, que acreditavam ser desnecessários, e que na realidade não são.
- ✓ A turma como um todo participa da atividade, trocando idéias, se organizando nas tarefas, escutando os colegas, defendendo suas próprias idéias, enfim, cada indivíduo desenvolve sua capacidade de trabalhar em equipe.
- ✓ Durante atividades como estas o vocabulário do estudante é ampliado, pois ele desenvolve com os colegas e com o professor,

sua capacidade de se expressar utilizando ou escutando a linguagem científica (LOCATELLI e CARVALHO, 2007).

- ✓ O estudante tem a oportunidade de entender como os conceitos surgem e evoluem, a partir de necessidades tecnológicas ou da própria sociedade. É estimulado a formular hipóteses, testá-las, trocar com seus pares, de maneira que assim simula a atividade de um cientista, podendo, ainda, aumentar seu gosto pela ciência.
- ✓ Ajuda os alunos a desenvolverem uma metodologia de solução de problemas nas diversas situações, em conjunto ou independente da ajuda de parceiros.
- ✓ Favorece a integração de diversas áreas do conhecimento, haja vista que nos problemas a serem propostos pode e deve haver interdisciplinaridade intrínseca aos mesmos.
- ✓ Favorece a compreensão de que o teórico e o experimental são produto da divisão do trabalho; é uma forma útil para a análise e a produção de conhecimentos, e a divisão sem a integração é pouco eficiente.
- ✓ Em síntese, ajuda ao aluno a se tornar menos inibido, i.é, “ter menos vergonha” em se expressar de forma verbal e escrita, o que, no futuro, poderá beneficiá-lo sobremaneira.

No que concerne aos pontos negativos, merece destaque:

- ✓ Atualmente, no Brasil, o ensino é majoritariamente tradicional, com as salas de aula estruturadas para tal, de maneira que uma atividade como essas, que demanda espaço, bancadas, enfim, um ambiente apropriado, acaba sendo prejudicada, na maioria das escolas.
- ✓ A avaliação de uma atividade como estas não é simples. Demanda trabalho e tempo para ser realizada. A grande quantidade de alunos por turma, mais uma vez, se torna um instrumento que inibe e atrapalha a evolução de atividades investigativas, uma vez que turmas grandes demandam muitos grupos (o que dificulta o acompanhamento por parte do professor) ou grupos muito grandes, o

que pode gerar dispersão da atenção por parte dos alunos, de tal maneira que poucos participam.

- ✓ A estrutura educacional faz com que, na maioria das escolas, o professor seja contratado como *horista*⁷, de tal maneira que preenche seus dias com aulas em duas, três, às vezes seis escolas ou mais. Dessa maneira, com inúmeros pacotes de prova para preparar e corrigir, fica difícil dedicar-se a uma turma somente, a fim de realizar adequadamente atividades como as propostas aqui.

A avaliação desta atividade pode ser feita através da coleta de dados descrita no tópico 4.2.1. As respostas dos alunos às perguntas ali discriminadas podem ainda acompanhar uma análise de vídeo gravado durante a aula, bem como registros fotográficos. A simples gravação da aula pode, em alguns momentos, não ajudar muito. Mesmo conhecendo a voz dos meus alunos, em certas gravações senti relativa dificuldade em identificar quem estava falando. Não fossem os registros fotográficos, bem como alguns vídeos gravados durante a atividade, a análise de dados seria mais pobre em detalhes.

Conforme discutido, este tipo de atividade pode ser extremamente positivo, se realizada nas condições adequadas. O estudante desenvolve suas habilidades e competências, se instruindo e se enculturando cientificamente (CAPPECHI e CARVALHO, 2006); é dada ao professor a chance de formar cidadãos capazes de interagir com o mundo, acompanhar suas mudanças, sem ser atropelados pela tecnologia e fazendo uso responsável da mesma, podendo também contribuir para seu desenvolvimento e inovação.

Podemos entender a importância da experimentação como sendo um causador e estimulante de conflitos cognitivos, que são fundamentais para o ensino. O aluno que se depara com estes conflitos, analisa a experiência, realiza novos testes, repensa aquilo construído até então, de maneira que seu conhecimento vai sendo construído, a partir da suas próprias atitudes. Assim, o

⁷ *Horista* é um termo largamente utilizado no magistério para caracterizar professores que recebem por horas-aula.

estudante fica mais capacitado a entender que a Ciência não é fechada como ele pode pensar, a partir de sua leitura, nos livros didáticos.

Muitos questionam o ensino de Ciências, particularmente, o ensino de Física. O ensino tradicional, como a transmissão de algo pronto, eventualmente parecendo mágica, de fato não retrata a maneira como a Ciência é desenvolvida. A leitura de artigos (recentes ou antigos) nos faz ver que por trás de um dado conceito existe uma grande discussão, troca de idéias. Infelizmente, a maioria dos livros não retrata isso e, como consequência, nós professores carregamos um certo vício de linguagem que nos faz, muitas vezes sem perceber, transmitir essa ideia sobre Ciência. É necessário, portanto, que em primeiro lugar paremos para refletir sobre o nosso trabalho e como o conduzimos.

Na situação em que o ensino se encontra no Brasil, este tipo atividade aqui proposta, por enquanto, é recomendado para escolas muito específicas, nas quais o projeto político-pedagógico dê ao professor mais liberdade de trabalho e, principalmente, cujos professores tenham postura reflexiva, isto é, estudam, se atualizam com as novas tendências e discussões da pesquisa em ensino de Física e não tenham receio de realizar atividades alternativas. Ou seja, é fundamental que sejam realmente preocupados com a educação e formação de cidadãos (PERRENOUD, 2002).

Naturalmente, esta proposta não é oferecida como “a solução” para o ensino de Física, uma vez que acreditamos não existir “fórmula mágica” para trabalhar com uma turma em sala de aula. Cabe ao professor entender o grupo com o qual está lidando e adequar sua forma de trabalho de acordo com cada grupo e o conteúdo a ser trabalhado. Numa época em que tanto se discute acerca de educação, esperamos que em curto ou médio prazos as mudanças nos paradigmas educacionais vigentes permitam o surgimento e desenvolvimento de atividades com este cunho, visando uma sociedade mais culta do que curiosa cientificamente, diminuindo gradativamente o medo da Ciência e o pensamento de que é “coisa de maluco” ou algo inatingível.

Nesse sentido, ofereço esta proposta esperando, assim, contribuir para um ensino de Física que esteja em consonância com as discussões mais recentes na área e a uma gradativa extinção da visão de Ciência como ‘bicho de sete cabeças’ que as pessoas possuem. Escutar alguém dizer “vou ler essa reportagem, pois ela me parece interessante” em vez de “não vou nem tocar nisso, que deve ser coisa de maluco, sei que não vou entender nada” certamente é o desejo de qualquer professor que, como eu, ama sua profissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIKENHEAD, G.S., Aikenhead What is STS science teaching? In: Solomon, J., Aikenhead, G.S. *STS education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, p.47-59, 1994.

ASEM, E. A visão dos alunos sobre aquecimento global a partir do documentário verdade inconveniente. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 1504-1509, 2009.

BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, SC, v. 19, n. 3, p.291 – 313, 2002.

BRASIL Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Brasília: SEMTEC/MEC, 2000.

BRASIL Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ – Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

CAPPECHI, M.C.V.M. e CARVALHO, A.M.P. Atividade de laboratório como instrumento para abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Pro-Posições*, v.17, n.1 (49) – jan/abr, 2006

CARRASCO, H.J. Experimento de laboratório: un enfoque sistémico y problematizador. *Revista de Ensino de Física*, 13, 1991.

CARVALHO, A.M.P., CAPPECHI, M.C.V.M., (org) *et al* Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. Thomson Learning, SP, p.59-76, 2004.

CARVALHO, A.M.P. Enculturação Científica: uma meta no ensino de ciências. Texto apresentado no XIV ENDIPE, Porto Alegre, 12 p., 2008.

LOCATELLI, R.J. e CARVALHO, A.M.P. Como os alunos explicam os fenômenos físicos, *VII Congreso Enseñanza de las ciencias*. Número extra, 2005

LOCATELLI, R.J. e CARVALHO, A.M.P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências* vol.7 n°3, 2007

MALDANER, O.A., ZANON, L.B. e AUTH, M.A. Pesquisa sobre Educação em Ciências e formação de professores. In: Santos, Flávia Maria Teixeira Dos; GRECA, Ileana Maria. *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias*. Ijuí: Ed. Unijuí p. 49-88, 2007.

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

MOREIRA, M.A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 22, no. 1, Março, 2000

PENHA, S.P., MORAES, R.B. e VIANNA, D.M. Uma sequência didática para estudo do Eletromagnetismo com uma abordagem CTS. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2009.

PERRENOUD, P. In: A prática reflexiva do professor. Porto Alegre. ARTMED Editora. p. 71-88, 2002.

PIETROCOLA, M., SOUSA, W.B. e UETA, N. “Investigando e explicando os Raios X” – Atividades Investigativas sobre os Raios X com alunos do Ensino Médio. *XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2007.

RODRIGUEZ, O.M.H. Algumas palavras sobre as equações de Navier-Stokes. Notas de aula. Disponível em <<http://www.eesc.usp.br/netef/Oscar/Aula16.pdf>>. Acesso em 01/02/12.

SANTOS, W.L.P. e MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S no contexto da educação brasileira. In: *Ensaio*. Belo Horizonte. V.2 N.2 UFMG p.1-23, 2002.

SILVA, N.S. e JÚNIOR, O.G.A. As estratégias do professor e as explicações dos estudantes em uma aula de Ciências. *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, 2009.

WILSEK, M.A.G. e TOSIN, J.A.P. Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas. Portal da Educação do Estado do Paraná. 2009. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf?phpsessid=2010010708155290>>. Acesso em 07/01/12.

REFERÊNCIAS DAS FIGURAS

3.3 Editora Mandruvá. Disponível em

<<http://www.hottopos.com.br/regeq6/wilson.htm>>. Acesso em novembro de 2011.

3.4 Editora Mandruvá. Disponível em

<<http://www.hottopos.com.br/regeq6/wilson.htm>>. Acesso em novembro de 2011.

3.5 Deltateta. Disponível em <[http://www.deltateta.com.br/2010/03/02/a-](http://www.deltateta.com.br/2010/03/02/a-pressao-atmosferica/)

[pressao-atmosferica/](http://www.deltateta.com.br/2010/03/02/a-pressao-atmosferica/)>. Acesso em novembro de 2011.

3.6 Materia. Colección Científica de Life em Español. Disponível em

<<http://www.librosmaravillosos.com/lifemateria/capitulo03.html>>. Acesso em dezembro de 2011.

3.7 Deltateta. Disponível em <[http://www.deltateta.com.br/2010/03/02/a-](http://www.deltateta.com.br/2010/03/02/a-pressao-atmosferica/)

[pressao-atmosferica/](http://www.deltateta.com.br/2010/03/02/a-pressao-atmosferica/)>. Acesso em novembro de 2011.

3.8 O Maravilhoso Mundo da Física. Disponível em

<<http://fisicabeleza.blogspot.com/2010/06/desafios-todos-os-internautas.html>>. Acesso em novembro de 2011.

3.9 Física – Licenciatura Plena, UEMS. Disponível em

<<http://fisica.uems.br/paginas/index.php?user=148&titulo=Hidrost%20tica:%20M%20F3dulo%20I>>. Acesso em novembro de 2011.

3.10a Mercado Livre. Disponível em <[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-176625994-centro-automotivo-e-oficina-mecnica-_JM)

[176625994-centro-automotivo-e-oficina-mecnica-_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-176625994-centro-automotivo-e-oficina-mecnica-_JM)>. Acesso em novembro de 2011.

3.10b Centro Automotivo Santo Andre. Disponível em

<<http://santoandre.olx.com.br/centro-automotivo-com-oficina-mecanica-em-santo-andre-vendo-urgente-iid-61353788>>. Acesso em novembro de 2011.

3.11 DM Projetos e Pesquisa. Disponível em

<<http://dmprojetos.blogspot.com/2008/07/prensa-hidraulica.html>>. Acesso em novembro de 2011.

4.2 Física sem mistérios. Disponível em

<<http://fisicasemmisterios.webnode.com.br/news/principio%20de%20arquimedes%20%28ludi%C3%A3o%29/>> Acesso em 31/01/12.

ANEXO A

Significado de algumas unidades:

- **Pressão** - Quociente da força perpendicular (normal) por unidade de área, na qual a força atua
- **Pa** - Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$)
- **N/m^2** - Newton por metro quadrado
- **atm** - Atmosfera Padrão (Standard Atmosphere)
- **at** - Atmosfera Técnica ($1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2$)
- **bar** - Bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$)
- **kgf/m^2** - Quilograma-força por metro quadrado
- **dyn/cm^2** - Dina por centímetro quadrado (Barye)
- **psi** - Libra-força por polegada quadrada (lbf/in^2)
- **ksi** - kip por polegada quadrada ($1 \text{ ksi} = 1 \text{ kip/in}^2 = 1000 \text{ psi}$)
- **lbf/ft^2** - Libra-força por pé quadrado
- **pdl/ft^2** - Poundal por pé quadrado
- **mH_2O** - Metro de coluna d'água (Convencional)
- **mmHg** - Milímetro de coluna de mercúrio (Convencional)
- **inH_2O** - Polegada de coluna d'água (Convencional)
- **$\text{inH}_2\text{O} (39,2 \text{ }^\circ\text{F})$** - Polegada de coluna d'água a $39,2 \text{ }^\circ\text{F}$ ($4 \text{ }^\circ\text{C}$)
- **$\text{inH}_2\text{O} (60 \text{ }^\circ\text{F})$** - Polegada de coluna d'água a $60 \text{ }^\circ\text{F}$ ($15,6 \text{ }^\circ\text{C}$)
- **ftH_2O** - Pés de coluna d'água (Convencional)
- **$\text{ftH}_2\text{O} (39,2 \text{ }^\circ\text{F})$** - Pés de coluna d'água a $39,2 \text{ }^\circ\text{F}$ ($4 \text{ }^\circ\text{C}$)
- **inHg** - Polegada de coluna de mercúrio (Convencional)
- **$\text{inHg} (32 \text{ }^\circ\text{F})$** - Polegada de coluna de mercúrio a $32 \text{ }^\circ\text{F}$ ($0 \text{ }^\circ\text{C}$)
- **$\text{inHg} (60 \text{ }^\circ\text{F})$** - Polegada de coluna de mercúrio a $60 \text{ }^\circ\text{F}$ ($15,6 \text{ }^\circ\text{C}$)
- **ftHg** - Pés de coluna de mercúrio (Convencional)
- **torr** - Torr ($1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg} = 1/760 \text{ atm}$)

ANEXO B

Fatores de conversão entre algumas unidades de pressão:

	Pa (Nm ⁻²)	bar	mbar	μbar (dyn cm ⁻²)	Torr (mm Hg)	micron (μ, mTorr)	atm (Kgf cm ⁻²)	at	mm WS	psi (l inch ⁻²)	psf
Pa (Nm ⁻²)	1	1.10 ⁻⁵	1.10 ⁻²	10	7,5.10 ⁻³	75	9,87.10 ⁻⁶	1,02.10 ⁻⁵	0,102	1,45.10 ⁻⁴	2,09.10 ⁻²
bar	1.10 ⁵	1	1.10 ³	1.10 ⁶	750	7,5.10 ⁵	0,987	1,02	1,02.10 ⁴	14,5	2,09.10 ³
mbar	100	1.10 ⁻³	1	1000	0,75	750	9,87.10 ⁻⁴	1,02.10 ⁻³	10,2	1,45.10 ⁻²	2,09
μbar (dyn cm ⁻²)	0,1	1.10 ⁻⁶	1.10 ⁻³	1	7,5.10 ⁻⁴	0,75	9,87.10 ⁻⁷	1,02.10 ⁻⁶	1,02.10 ⁻²	1,45.10 ⁻⁵	2,09.10 ⁻³
Torr (mm Hg)	0,133.10 ²	1,33.10 ⁻³	1,33	1330	1	1000	1,32.10 ⁻³	1,36.10 ⁻³	13,6	1,93.10 ⁻²	2,78
micron (μ, mTorr)	0,133	1,33.10 ⁻⁶	1,33.10 ⁻³	1,33	1.10 ⁻³	1	1,32.10 ⁻⁶	1,36.10 ⁻⁶	1,36.10 ⁻²	1,93.10 ⁻⁵	2,78.10 ⁻³
atm (Kgf cm ⁻²)	1,01.10 ⁵	1,013	1013	1,01.10 ⁶	760	7,6.10 ⁵	1	1,03	1,03.10 ⁴	14,7	2,12.10 ³
at	9,81.10 ⁴	0,981	981	9,81.10 ⁵	735,6	7,36.10 ⁵	0,968	1	1,10 ⁴	14,2	2,04.10 ³
mm WS	9,81	9,81.10 ⁵	9,81.10 ⁻²	98,1	7,36.10 ⁻²	73,6	9,68.10 ⁻⁵	1.10 ⁻⁴	1	1,42.10 ⁻³	0,204
psi (l inch ⁻²)	6,89.10 ³	6,89.10 ⁻²	68,9	6,89.10 ⁴	51,71	5,17.10 ⁴	6,8.10 ⁻²	7,02.10 ⁻²	702	1	144
psf	47,8	4,78.10 ⁻⁴	0,478	478	0,359	359	4,72.10 ⁻⁴	4,87.10 ⁻⁴	4,87	6,94.10 ⁻³	1