

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA

Planejamento e Aplicação de uma Unidade Didática sobre
Estática dos Fluidos em uma Escola da Rede Estadual de Ensino do RS

Miguel Rocha Bento

Porto Alegre

2018

Miguel Rocha Bento

Planejamento e Aplicação de uma Unidade Didática sobre
Estática dos Fluidos em uma Escola da Rede Estadual de Ensino do RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Física da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. **Ives Solano Araujo**

Porto Alegre

2018

*No meio da treva, nosso alvo fulgura,
Cobrindo o caminho de luz.
É como, na noite mais lúgubre e escura,
A estrela que orienta e conduz.
Que importam fantasmas, por entre o arvoredo,
Motejos, fracassos? Seguimos sem medo,
Pois claro, direto, real, definido
É ele, o caminho escolhido.*

*Unidos, tenazes, sigamos avante
Na luz que nos vem do infinito,
Pois mesmo minúscula gota, constante,
Consegue romper o granito,
Com a força que vem de vontade obstinada,
Paciência e esperança, prossegue a jornada,
E é certo que, enfim, chegaremos, um dia,
A um mundo de paz e harmonia.*

(Primeiras estrofes de "La Vojo" ("O Caminho"), poema de L. L. Zamenhof, publicado originalmente em esperanto. A versão em português é de Sylla Chaves.)

Agradecimentos

O presente trabalho é um relato das atividades de estágio obrigatório do curso de Licenciatura em Física, realizadas durante um semestre, mas representa também o final de toda uma graduação. Por esse motivo, muitas pessoas utilizam este tipo de espaço para agradecer a todos os que contribuíram de alguma forma à sua jornada ao longo dos anos no Ensino Superior.

Nesse sentido, tenho muito a agradecer aos bons professores com os quais estudei na UFRGS, à minha família e aos meus colegas de curso. Também me são indispensáveis os amigos dos tempos de Ensino Médio e os da comunidade esperantista.

Porém, me sinto incapaz de citar os nomes de tantas pessoas importantes e detalhar as motivações de cada um de meus agradecimentos nesta única página. Eu seria obrigado a omitir muitos nomes, e a resumir demasiadamente muitas coisas...

Portanto, tomei a decisão de citar com mais minúcias apenas as pessoas envolvidas mais diretamente na realização do presente trabalho:

Agradeço ao Professor Ives Solano Araujo, professor da disciplina de estágio obrigatório, pelo trabalho de excelência desenvolvido ao longo do semestre;

Agradeço à Professora Magale Elisa Brückmann, professora avaliadora deste trabalho, que gentilmente aceitou lê-lo e comentá-lo apesar do curto prazo disponível para tal;

Agradeço a Paulo Sérgio Monteiro Bento, meu pai, e a Renato Divan Silveira de Souza, servidor dos laboratórios didáticos do Instituto de Física da UFRGS, por terem me ajudado (independentemente) na confecção das experiências que utilizei em minhas aulas de estágio;

Agradeço aos meus colegas da disciplina de estágio, que forneceram contribuições valiosas às aulas que apresentei durante nossos encontros na universidade;

Agradeço aos professores e funcionários da Escola Estadual de Ensino Médio Ceará, que me receberam bem durante o período de estágio.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.....	7
2.2. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida.....	13
2.3. Uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física.....	16
3. OBSERVAÇÕES E MONITORIA.....	18
3.1. Caracterização da Escola.....	19
3.2. Caracterização do Professor.....	20
3.3. Caracterização das Turmas.....	22
3.4. Relatos de Observações e Monitoria.....	22
4. PLANOS DE AULA E RELATOS DE REGÊNCIA.....	42
4.1. Aula 1.....	43
4.1.1. Plano de Aula.....	43
4.1.2. Relato de Regência.....	45
4.2. Aula 2.....	49
4.2.1. Plano de Aula.....	49
4.2.2. Relato de Regência.....	50
4.3. Aula 3.....	55
4.3.1. Plano de Aula.....	55
4.3.2. Relato de Regência.....	56
4.4. Aula 4.....	61
4.4.1. Plano de Aula.....	61
4.4.2. Relato de Regência.....	62
4.5. Aula 5.....	65
4.5.1. Plano de Aula.....	65
4.5.2. Relato de Regência.....	66
4.6. Aula 6.....	70
4.6.1. Plano de Aula.....	70
4.6.2. Relato de Regência.....	71
4.7. Aula 7.....	75
4.7.1. Plano de Aula.....	75
4.7.2. Relato de Regência.....	76
4.7.2.1. Resultados - Lista de Exercícios.....	77
4.7.2.2. Resultados - Prova.....	78
5. CONCLUSÃO.....	79
6. REFERÊNCIAS.....	85
APÊNDICE A - Lista de Exercícios.....	88
APÊNDICE B – Prova.....	94
APÊNDICE C - Questões do Instrução pelos Colegas.....	96
APÊNDICE D - Cronograma de Regência.....	97
Aula 1.....	99
Aula 3.....	103
Aula 6.....	107

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é um relato detalhado das atividades desenvolvidas no segundo semestre de 2018 em minha trajetória no Estágio de Docência em Física, componente curricular obrigatório do curso de Licenciatura em Física oferecido pela UFRGS. Tais atividades consistem, resumidamente, no planejamento de uma unidade didática sobre estática dos fluidos, na observação e monitoria de aulas em uma escola (durante 21 horas-aula) e na aplicação da unidade didática em uma das turmas dessa mesma escola (durante 14 horas-aula). Trata-se de minhas primeiras experiências planejando e aplicando aulas de Física no Ensino Médio, e também de minhas primeiras vivências em uma escola pública.

Na segunda seção é apresentada, de maneira resumida, a fundamentação teórica que serviu de base para a unidade didática, onde a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel tem papel de destaque. Estão presentes também breves considerações a respeito do método Instrução pelos Colegas e do uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. Tais desenvolvimentos são acompanhados de explicações sobre as maneiras pelas quais busquei incorporar tais referências à unidade didática.

A terceira seção consiste em descrições detalhadas das aulas realizadas pelo professor de Física da escola, observadas durante o *período de observações e monitoria*. Esses textos contêm também pequenos comentários a respeito das aulas. Na mesma seção há ainda panoramas gerais sobre a escola, as turmas observadas e o tipo de ensino. O professor de Física da escola será chamado de professor X quando isso for conveniente, a fim de preservar sua identidade e evitar eventuais confusões com outros professores (como eu e o professor orientador deste trabalho).

A quarta seção contém a unidade didática em si, e apresenta aula a aula os planos de ensino e seus respectivos relatos de aplicação. Tais relatos, além de objetivarem uma descrição minuciosa dos ocorridos, são entremeados por reflexões pessoais acerca dos possíveis erros e acertos, bem como suas causas e ensinamentos para práticas futuras. No trecho inicial da seção estão dispostas também informações gerais a respeito do processo de planejamento.

A quinta seção abarca as conclusões deste trabalho, apresentadas em forma de um texto opinativo, em que as pensatas a respeito da experiência de estágio são amalgamadas com minhas vivências e concepções mais amplas, que se modificaram e enriqueceram muito ao longo da graduação, e assim continuam.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção tem por finalidade apresentar, de maneira não exaustiva, o arcabouço teórico que serviu de base para a preparação da unidade didática, a qual foi posteriormente aplicada durante o período de estágio. Enquanto a primeira subseção é dedicada à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a segunda subseção apresenta, em vez de uma teoria de aprendizagem, um método de ensino: o método Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) de Eric Mazur, em associação com o Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*). A terceira subseção consiste em comentários despreziosos a respeito do uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física.

A discussão desses tópicos é entremeada por breves indicações de como essas influências se refletiram no planejamento da unidade didática. Incongruências entre referências teóricas, planejamento e prática, posteriormente percebidas, são discutidas ao longo dos relatos de regência e, em especial, nas conclusões do presente trabalho.

2.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Numerosas críticas são feitas ao sistema tradicional de ensino de Física: abordagens pouco instigantes, conteúdos descontextualizados, vasto uso de ferramentas matemáticas e conceitos abstratos sem a devida preparação, ênfase na resolução repetitiva de problemas. Não obstante, é justamente o ensino com essas características o mais frequente em nosso sistema educacional, e ainda há muito o que fazer para reformulá-lo. O público-alvo da unidade didática é uma turma que retrata muito bem esse cenário. Como se pode ver nos relatos de observação e monitoria, embora existam vários aspectos positivos na abordagem do professor X, a estrutura básica das aulas envolve a resolução repetitiva de exercícios sem contexto, para posterior reprodução na prova ao final do trimestre.

Trata-se de problemas presentes, em maior ou menor grau, nos mais diversos meios educacionais ao redor do mundo. Todavia, há indicativos, como exames feitos internacionalmente, de que o caso brasileiro é especialmente preocupante. Richard Feynman, em sua passagem pelo Brasil, retratou o problema por meio de uma forte crítica:

"Descobri um fenômeno muito estranho: eu podia fazer uma pergunta e os alunos respondiam imediatamente. Mas se fizesse a pergunta de novo – o mesmo assunto e a mesma pergunta, pelo que eu sei –, eles simplesmente não conseguiam responder!" (FEYNMAN, 2006, p. 205)

"Depois de muita investigação, finalmente descobri que os estudantes tinham decorado tudo,

mas não sabiam o que queria dizer." (FEYNMAN, 2006, p. 206)

O estadunidense David Ausubel chamava esse tipo de aprendizagem, em linhas gerais, de aprendizagem mecânica. Mais especificamente, destacava que essa maneira de aprender tem como cerne apenas a memorização, a aquisição arbitrária e não-significativa de informações, as quais o aprendiz só consegue utilizar em contextos muito restritos, semelhantes àqueles segundo os quais ele obteve a informação (PELIZZARI et al., 2002). Na aprendizagem mecânica, os novos conhecimentos não são assimilados pela estrutura cognitiva segundo uma hierarquia que permita e dê forma às diversas possíveis ligações entre eles e os conceitos já existentes. Por exemplo, indivíduos que aprenderam a Terceira Lei de Newton apenas mecanicamente podem não ser capazes de responder corretamente à pergunta "Qual atração é a mais forte? A que a Lua exerce sobre a Terra ou a que a Terra exerce sobre a Lua?", ainda que saibam enunciar impecavelmente a lei e que a resposta correta possa ser facilmente obtida a partir dela (MULLER, 2011).

A aprendizagem mecânica não é necessariamente ruim, em todas as ocasiões. Ela pode ser útil quando o objetivo é justamente a aplicação rápida de um conhecimento dentro de um domínio específico, ou como um primeiro passo que subsidie aprofundamentos posteriores. Entretanto, se considerarmos que a presença da Física no Ensino Médio se presta a objetivos maiores do que a resolução repetitiva de problemas fabricados especialmente para esse fim, deveremos buscar maneiras mais eficazes de ensinar, fornecendo aos alunos não listas de conteúdos a memorizar, mas meios de conhecê-los e assimilá-los de forma a enriquecer sua cultura e seus processos de raciocínio.

David Ausubel definiu, em contraponto à aprendizagem mecânica, a aprendizagem significativa - não se trata de uma dicotomia entre dois tipos possíveis de aprendizagem, mas de um contínuo com esses dois extremos e inúmeras possibilidades intermediárias. Para o estadunidense, a aprendizagem é significativa quando os novos conhecimentos não são arbitrários, mas adquirem significado a partir da estrutura conceitual já existente, integrando-se a ela e a modificando nessa interação (PELIZZARI et al., 2002). Portanto, um conceito aprendido significativamente pode ser utilizado como recurso de pensamento em situações diversas daquelas em que foi assimilado inicialmente. Assim, se houve uma aprendizagem significativa da Terceira Lei de Newton, o indivíduo é capaz de responder à pergunta apresentada anteriormente de maneira correta, mesmo que não tenha sido anteriormente defrontado com problemas semelhantes, sendo capaz de raciocinar utilizando seus conhecimentos de forma não-arbitrária.

Certamente o ensino de Física deve priorizar a aprendizagem significativa, se o objetivo é efetivamente educar os estudantes de forma que eles utilizem o conhecimento de forma criativa e autônoma. Ausubel forneceu também diversas indicações a respeito dos recursos necessários à

busca pela promoção da aprendizagem significativa, as quais têm relações diretas com aspectos mais minuciosos da obra dele, a qual é uma teoria de aprendizagem completa e vai muito além das breves considerações feitas aqui. A adoção do referencial ausubeliano no presente contexto se justifica pela necessidade de promover uma renovação no ensino puramente mnemônico, caricaturalmente representado nas turmas observadas, sem entretanto revolucionar completamente o espaço-tempo da sala de aula (como ficará mais claro nos parágrafos seguintes).

Há uma distinção importante a ser feita: aprendizagem mecânica não é sinônimo de aprendizagem por recepção, e aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem por descoberta. Dizemos que ocorre “aprendizagem por recepção” quando o conhecimento é apresentado de forma completa ao estudante, cuja tarefa é compreender seu funcionamento, estrutura interna e relações com outras ideias. Esta maneira é certamente a mais comum no ensino de Ciências, na qual as teorias, leis e informações empíricas são enunciadas sem que o estudante deva reconstruí-las. A “aprendizagem por descoberta”, aliás, é justamente isso: envolve a redescoberta, a reconstrução de parte do conhecimento pelo aluno. Cabe a ele, por conta própria (tendo recebido os estímulos adequados), empreender investigações e reobter o conhecimento científico como consequência delas (PRAIA, 2000).

Evidentemente, a aprendizagem por recepção exige muito menos tempo do que a por descoberta, e portanto não é surpreendente a sua preponderância nos sistemas de ensino atuais. A aprendizagem por descoberta, extremamente enfatizada por outros teóricos, com certeza pode trazer muitos benefícios, mas é de difícil execução e inviável se aplicada exclusivamente, afinal não seria plausível que cada estudante devesse reconstruir todas as noções básicas de Física Clássica. Ausubel considera, então, que ambos esses tipos de aprendizagem podem ser significativos ou mecânicos (mesmo atividades de “descoberta”, ao serem excessivamente guiadas, podem resultar em aprendizagem mecânica). O teórico estadunidense com isso não está criticando os esforços de ensino-aprendizagem por descoberta, mas enfatizando a recepção como abordagem válida e também potencialmente significativa. Assim, a aula expositiva e a aprendizagem por recepção não são monstros que devem ser evitados a todo custo, porém também não devem ser exclusividade. É necessário adotar outras estratégias para propiciar a aprendizagem significativa. Por esse motivo o planejamento da unidade didática preza pela diversidade metodológica, apesar de ser majoritariamente baseado na aprendizagem por recepção. Nesse sentido, mesmo a presença esporádica de aulas "tradicionais", expositivas, como é o caso da quarta aula da unidade, não é por si só uma contravenção.

Mas qual é a chave para a aprendizagem significativa, se não é a aprendizagem por descoberta? Em verdade, não existe uma panaceia. Entretanto, um dos aspectos centrais é a ideia de

que a aprendizagem significativa é configurada pela existência de ligações substantivas entre as novas informações e o sistema conceitual previamente existente. Para cada conteúdo a ser significativamente aprendido deve existir um conjunto de conceitos previamente existentes, chamados subsunçores, que funcionarão como um ancoradouro às novas informações e darão significado não-arbitrário a elas. Nesta interação, também os próprios subsunçores modificam-se e tornam-se mais elaborados com o acréscimo dos novos conhecimentos à estrutura cognitiva (MOREIRA; OSTERMANN, 1999). Por exemplo, o estudo das forças nucleares fraca e forte, por parte de alguém que já conhece gravitação e eletromagnetismo, encontra como subsunçores conceitos e procedimentos relativos a estes dois últimos assuntos. As ideias de força, campo e interação já existem no sistema cognitivo e darão significado às novas informações, enriquecendo-se no processo. Um estudo de forças nucleares, por parte de quem ainda não conhece as outras interações fundamentais, até seria possível teoricamente, mas não com a mesma abordagem. Sem um ensino especialmente preparado, que tornasse os conteúdos potencialmente significativos a partir dos conhecimentos já existentes, o resultado muito provavelmente seria a aprendizagem mecânica. Embora à primeira vista exista uma semelhança, subsunçores não são meros pré-requisitos.

Ausubel fornece um sucinto e importante esclarecimento em sua mais famosa frase, que embora citada *ad nauseam* permanece particularmente útil:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo.” (AUSUBEL, D. apud MOREIRA; OSTERMANN, 1999, p. 45)

Dessa forma, o professor deve de alguma maneira identificar a presença ou ausência de subsunçores no sistema cognitivo do aluno. O que fazer em caso de ausência dos subsunçores? Uma possibilidade é a utilização de organizadores prévios, materiais didáticos complementares que apresentam o assunto de maneira geral e abstrata, promovendo as conexões necessárias entre o conteúdo a ser visto e a estrutura cognitiva já existente, enriquecendo-a de forma significativa e dessa maneira possibilitando a formação de subsunçores mais consistentes (MOREIRA; OSTERMANN, 1999).

Foi dito que é necessário mapear a estrutura cognitiva do aluno para evidenciar a sua situação com relação aos aspectos importantes para o conteúdo a ser ensinado. Mas não devemos esquecer que condição indispensável para isso é justamente conhecer esses aspectos importantes! Portanto, o professor deve também mapear o material de ensino, a fim de identificar os subsunçores relevantes.

Em verdade, o mapeamento do conteúdo por parte do professor deve ser ainda mais

elaborado. Além de permitir a identificação de subsunçores, deve organizar os conhecimentos, fornecendo-lhes uma estrutura autoconsistente e hierárquica. Isto é importante pois para Ausubel a estrutura cognitiva organiza os conceitos em complexas estruturas de hierarquia, estabelecendo relações entre ideias mais ou menos abrangentes, mais ou menos abstratas. Inclusive, chamou de "diferenciação progressiva" o processo de expansão e complexificação de conceitos subsunçores, quando novas informações subordinam-se a eles, e de "reconciliação integrativa" a formação de novas conexões e agrupamentos entre ideias já presentes na cognição, estabelecendo novos conceitos unificantes (PRAIA, 2000). O referido mapeamento do conteúdo foi realizado durante a preparação da unidade, por meio de consultas a livros didáticos, da elaboração de mapas conceituais e da construção do cronograma de regência com vários intercâmbios de ideias e sugestões entre os colegas da disciplina de estágio.

Enfim, tem-se aqui uma grande simplificação das ideias de Ausubel, em verdade muito mais sofisticadas, mas que evidencia a necessidade de organizar os conteúdos de acordo com uma sequência coerente e hierárquica de conceitos, envolvendo também momentos em sala de aula para explorar justamente as ligações entre os conteúdos. Isto é, o professor deve fazer com que o conteúdo de ensino seja potencialmente significativo; em outras palavras, tenha potencial para ser aprendido de forma significativa. Tal potencial depende da estrutura interna dos conteúdos, mas obviamente é função direta dos estudantes em questão: um material pode ser dito potencialmente significativo apenas considerando-se a cognição do aprendiz. É indispensável averiguar o que o aluno já sabe para tornar possíveis as ligações não-arbitrárias entre seu intelecto e o material de ensino.

Todavia, todo esse trabalho relativo aos subsunçores, objetivando à produção de um material de ensino potencialmente significativo, sozinho não é condição suficiente para a aprendizagem significativa. Há ainda outra condição fundamental: que o aprendiz esteja disposto a assimilar significativamente o conteúdo em questão (MOREIRA; OSTERMANN, 1999). Não importa o quão bem conexas as estratégias de ensino estejam aos conhecimentos prévios do aluno se ele simplesmente não tiver qualquer pretensão de aprender significativamente: se ele está acostumado apenas com a mera memorização de fórmulas e enunciados, sem querer se esforçar para buscar um entendimento mais profundo, ou mesmo sem ser capaz de sequer visualizar a possibilidade desse entendimento mais profundo, apenas a aprendizagem mecânica poderá ocorrer.

Embora se trate de uma postura individual, obviamente além do controle absoluto do professor, certas práticas podem estimular a disposição a aprender significativamente. A problematização do ensino, isto é, a prática de estabelecer ou incitar perguntas, em vez de simplesmente fornecer respostas a perguntas que não foram feitas, tende a contribuir nessa direção,

além de aproximar o conteúdo de ensino aos conhecimentos prévios dos alunos. Nesse caminho é também de grande importância a contextualização, a associação dos conhecimentos a contextos reais, sejam da História da Física ou da vida cotidiana, em vez da mera enunciação de teoremas e princípios abstratos. Tais diretrizes foram fortemente incorporadas à unidade didática, onde os conteúdos quase sempre são apresentados de forma contextualizada e problematizada e os enunciados abstratos são precedidos por exemplos e problematizações (a segunda aula é um bom exemplo, assim como a apresentação do Princípio de Pascal motivada pela prensa hidráulica, na quarta aula). Meu modo de agir durante as aulas de exposição dialogada, com diversas indagações aos alunos, tem por objetivo reduzir a passividade do estudante em sala de aula, o que não deixa de ser um pequeno estímulo à aprendizagem significativa, quando as indagações exigem reflexão e manipulação dos conceitos aprendidos.

Quanto às avaliações, para Ausubel o professor deve tomar o cuidado de fazê-las com o objetivo de efetivamente apreender o desenvolvimento de aprendizagem significativa, evitando estratégias incapazes de distinguir a aprendizagem significativa da mecânica, ou pior, que estimulem esta última. Dessa forma, seria preferível evitar o tradicional sistema de avaliação somativa, a prova única ao final de uma unidade didática, que não acompanha o processo de aprendizagem ao longo de seu desenrolar e pode estimular a famigerada prática de estudar apenas às vésperas da prova. Entretanto, o tempo bastante limitado para a aplicação da unidade didática me levou a adotar justamente esse método de avaliação. Na tentativa de solucionar o problema, forneci uma tarefa em forma de lista de exercícios a ser resolvida gradualmente, aula após aula, embora também devesse ser entregue apenas ao final da unidade. Posteriormente ficou claro que esta estratégia não é a mais adequada, conforme os detalhamentos dos relatos de regência e da conclusão do presente trabalho.

Adicionalmente, deve-se evitar a proposição de problemas repetitivos, que o aluno possa resolver mesmo com uma apreensão apenas arbitrária do conteúdo. Deve ficar claro que não é a resolução de problemas em si a estratégia indesejável. Pelo contrário, ela pode ser de grande ajuda para evidenciar a aprendizagem significativa. No entanto, para isso é fundamental que as questões propostas não sejam repetitivas, mas sempre novas, desafiadoras, transpondo os conhecimentos vistos a situações diferentes daquelas já conhecidas. Dessa forma, fica clara a (in)capacidade do aluno em utilizar o conteúdo aprendido de forma substantiva em seu pensamento, além dos cenários restritos em que a reprodução memorística seria suficiente. Há, todavia, uma ressalva importante, qual seja, a de que a incapacidade em resolver um determinado problema desafiador não significa necessariamente a ausência de aprendizagem significativa. Pois, se é justamente na articulação do material de ensino com outros saberes que residem as habilidades necessárias, pode ocorrer de a

dificuldade se encontrar nos outros sistemas conceituais com os quais se esperava uma relação (MOREIRA; OSTERMANN, 1999). Os problemas conceituais propostos ao longo da unidade didática (na lista de exercícios, na prova e nas aulas) foram em geral congruentes com essas orientações, apresentando situações suficientemente novas. Meu espaço de manobra foi muitíssimo menor quanto a problemas que envolvem cálculos, dadas as grandes deficiências matemáticas da turma - problemas desafiadores, em geral, causariam erros por causa de dificuldades relativas a conteúdos que não fazem parte da unidade didática, conforme a ressalva feita anteriormente neste parágrafo.

Em suma, existem duas condições indispensáveis para a aprendizagem significativa. Uma delas é a existência de um material potencialmente significativo, que atinge essa qualidade por meio de sua organização coerente e da presença de subsunçores adequados no sistema cognitivo do estudante. A outra é a vontade do aprendiz: para que uma pessoa possa aprender significativamente, necessariamente deve estar disposta a exercitar-se para além da memorização (PRAIA, 2000). Para cumprir essas condições, o professor deve organizar o conteúdo em uma hierarquia de conceitos com bom arranjo sequencial, identificar subsunçores relevantes para o aprendizado, determinar, dentre eles, aqueles presentes na estrutura cognitiva do aluno, e ensinar de acordo com esse cenário (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010). Não é fácil ser um professor rigorosamente ausubeliano - assim como não é ser um professor freireano, vygotskyano etc.

2.2. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida

O método de ensino Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*, em inglês) foi desenvolvido pelo holandês Eric Mazur na década de 1990. Embora Mazur aparentemente não se envolva muito com a tarefa de fundamentar seu método em teorias de aprendizagem, uma vez que seu livro *Peer Instruction: A User's Manual* não menciona o trabalho de nenhum teórico dessa área (MAZUR, 1997), podem ser feitas diversas conexões com as condições necessárias para propiciar a aprendizagem significativa ausubeliana.

O Instrução pelos Colegas consiste em exposições não muito longas por parte do professor, seguidas de testes conceituais (*ConcepTests*) de múltipla escolha propostos à turma. Após um breve intervalo de tempo, os alunos devem individualmente selecionar a sua resposta e informá-la ao professor sem revelá-la aos colegas (isso pode ser feito por meio de dispositivos eletrônicos, os *clickers*, ou por meio de cartões de papel (*flashcards*), como os de árbitros em competições de ginástica artística). O professor então avalia qual foi a proporção de acertos da turma. Se uma

maioria muito grande da turma respondeu corretamente (mais do que 70%), o professor deve prosseguir ao próximo tema, enquanto um índice de acertos muito pequeno (menor do que 30%) postula uma revisão dos conteúdos. Entretanto, a exposição do professor e o teste conceitual devem ser elaborados em busca de uma situação intermediária, em que vários alunos acertem a questão, mas ainda existam controvérsias. Neste último cenário, o mais desejável, é fornecido tempo para que os estudantes revelem suas respostas aos colegas e expliquem os motivos de sua decisão, potencialmente convencendo-os de sua posição ou sendo convencidos pelos argumentos alheios. Após o período de debate a questão é feita novamente, e comumente o procedimento faz as respostas convergirem à correta. Assim, os alunos com mais desenvoltura em determinado assunto contribuem para o aprendizado de seus colegas (e, nesse processo, também para o seu próprio), retirando a exclusividade da narrativa do professor como fonte de explicações (ARAÚJO; MAZUR, 2013).

A estrutura do Instrução pelos Colegas está representada esquematicamente na Figura 1. Como se nota, após uma segunda votação o professor pode optar por repetir o processo com uma nova pergunta sobre o mesmo tema, ou se encaminhar a outra exposição inicial, sobre outro tema.

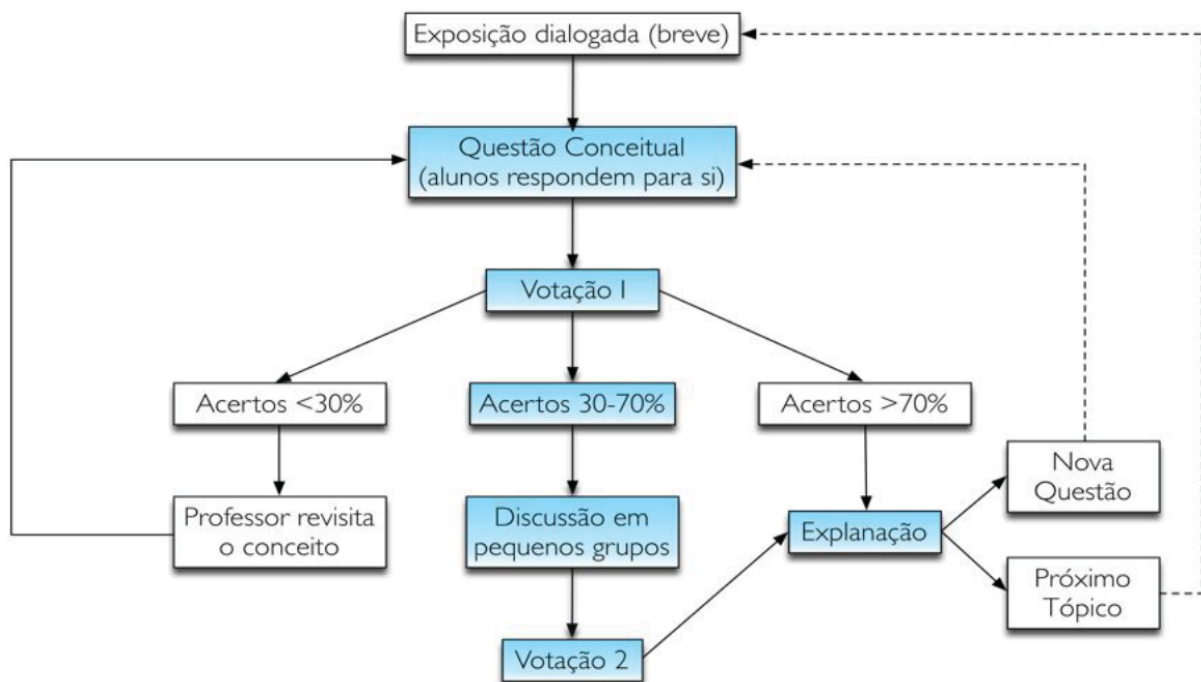


Figura 1: representação esquemática do funcionamento do método Instrução pelos Colegas. Retirado de ARAÚJO; MAZUR, 2013.

As questões conceituais ideais para o Instrução pelos Colegas são justamente aquelas capazes de evidenciar a aprendizagem significativa, apresentando os conceitos aprendidos em novos contextos. Além disso, os debates entre os colegas promovem o exercício autônomo da argumentação e do pensamento crítico, os quais em geral não são possibilitados pela aprendizagem

mecânica.

Uma vez que utilizar um controle-remoto (*clicker*) para cada aluno não é, em geral, uma solução barata, os cartões de resposta foram o recurso mais adequado às minhas necessidades. Todavia, cartões de resposta simples (indicando as alternativas A, B, C, D) também possuem desvantagens importantes: os alunos podem facilmente burlar o sistema e olhar as respostas dos colegas, e anotar as respostas de todos e estimar o percentual de acertos pode tomar muito tempo.

Nesse sentido, uma boa alternativa são os cartões *plickers*, desenvolvidos pela empresa estadunidense *Plickers Inc.* e disponibilizados gratuitamente. São cartões de resposta que contêm códigos que podem ser lidos por *tablets* ou *smartphones* após a instalação do aplicativo apropriado, também gratuito. O aplicativo fornece um cálculo instantâneo do percentual de acertos, e o uso de códigos nos cartões dificulta a quebra do sigilo do voto. O uso dos *plickers* está ilustrado na Figura 2. Cada cartão tem um código capaz de indicar quatro respostas diferentes, de acordo com a orientação em que é mostrado à câmera. Por fim, é interessante pontuar que no sítio da empresa é possível não apenas registrar as perguntas, mas também utilizá-las como projeções durante a aula, caso desejado.



Figura 2: uso dos plickers. Fonte: <<https://d1zqayhc1yz6oo.cloudfront.net/thumbs/thumb-c42779dc45802b7ebaec09f575f17a7b.jpg>>. Acesso em 08/11/2018

O Instrução pelos Colegas tem sido associado a um outro método, chamado Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*, em inglês) (ARAUJO; MAZUR, 2013). Esta última prática

consiste em disponibilizar materiais didáticos e pequenos exercícios ("tarefas de leitura") pouco antes de determinada aula, com a finalidade de introduzir o assunto e assim permitir que mais tempo seja utilizado em sala de aula para abordar os aspectos mais delicados do conteúdo, os quais são identificados também por meio das respostas dos alunos.

A ideia de tarefas de leitura pode ser associada ao conceito de organizadores prévios, caso elas sejam de fato pensadas e preparadas para esse fim, que vai além de mera introdução ou fornecimento de pré-requisitos. As informações obtidas antecipadamente, por meio do Ensino sob Medida, também podem ser úteis no mapeamento da cognição do aluno, em termos dos subsunçores relevantes. As exposições conceituais do professor, bem como as discussões, se guiadas adequadamente a partir das pistas disponíveis, representam uma resposta sob medida ao que foi averiguado.

O Instrução pelos Colegas (associado ou não ao Ensino sob Medida), como se vê, apresenta várias virtudes, mas também limitações e certamente não é uma panaceia pedagógica. Seria impossível ministrar um curso de Física inteiramente baseado nele, uma vez que não funciona tão bem para aspectos técnicos e práticos quanto funciona para aspectos conceituais. Dessa maneira, assim como as recomendações derivadas da teoria de Ausubel, o Instrução pelos Colegas não configura uma crítica completa ao modelo tradicional de aulas, que em princípio poderia até mesmo ser usado complementarmente, nas situações em que o Instrução pelos Colegas é insuficiente.

Foram planejadas atividades de Instrução pelos Colegas para as aulas 3 e 5, mas por falta de tempo apenas na aula 5 a prática foi efetivada. Entretanto, como não era hábito dos alunos realizar tarefas escolares por meio do computador, tarefas de leitura teriam de ser feitas em papel e entregues pessoalmente. Por conta da dificuldade em fornecer materiais, receber respostas e a partir delas preparar segmentos da aula subsequente, acabei desistindo de propor tarefas de leitura propriamente ditas, indicando apenas leituras prévias. Ou seja, não aproveitei os diversos benefícios que tal prática poderia proporcionar. Mais detalhes sobre essas limitações estão descritos nos relatos de regência e nas conclusões do presente trabalho.

2.3. Uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física

Na academia muito é dito, teoricamente, a respeito dos benefícios que o uso de História e Filosofia da Ciência pode trazer ao Ensino de Física. Defende-se que seu uso pode propiciar aos aprendizes uma melhor aprendizagem conceitual, visões mais adequadas sobre a natureza da Ciência, melhora na capacidade de argumentação, aumento nas capacidades metacognitivas e

mesmo melhora de atitude com relação às aulas em geral, entre vários outros benefícios. Entretanto, há muito poucas pesquisas publicadas no Brasil que investiguem o efeito de intervenções didáticas baseadas no uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física com relação a esses tópicos (TEIXEIRA et al., 2012).

Tal escassez de produções acadêmicas práticas é acompanhada por uma escassez de uso adequado de História e Filosofia da Ciência no Ensino Médio. São muitos os desafios presentes, mas gostaria de salientar apenas dois: a falta de formação adequada para futuros professores (e também professores em atividade, em cursos de atualização) e a ubiquidade de práticas epistemológica e historicamente errôneas, que se reflete também na carência de bons materiais didáticos.

Quando a História e a Filosofia da Ciência são abordadas no Ensino Médio, na maioria das vezes estão presentes graves distorções. É comum, por exemplo, apresentar uma "História" que na verdade é apenas uma coleção de biografias, nomes, datas, anedotas e informações isoladas sobre certos físicos ou eventos. Este tipo de ensino parte do pressuposto equivocado de que a história pode ser compreendida por eventos isolados, e costuma carregar consigo a ideia de que os cientistas são pessoas geniais em cujas cabeças as teorias nascem prontas e independentes, mito prejudicial educacionalmente. A isso estão associados argumentos de autoridade, que justificam o conhecimento físico com base na propalada genialidade de seus autores. Além disso, o discurso usualmente empregado adota uma versão super-simplificada da ideia de "método científico", calcada em uma visão positivista ingênua, já superada epistemologicamente (MARTINS, 2006). Mais um exemplo de prática indesejável é a dissociação completa entre o estudo da Física e o da História da Física: em livros didáticos, é comum que os textos históricos sejam colocados em seções à parte, como anexos, desconectados dos demais assuntos. Enfim, neste parágrafo o objetivo foi evidenciar alguns problemas do estado atual do uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física, sem a pretensão de listar todos.

Apesar das várias armadilhas pelo caminho, há ainda muita esperança quanto às potencialidades dele. Ora, os objetivos centrais (não únicos!) do uso de História e Filosofia da Ciência na sala de aula são a promoção do letramento científico, do pensamento crítico e da compreensão dos processos socio-históricos da construção do conhecimento científico, tendo como alguns desdobramentos, entre muitos outros, a problematização de mitos sobre a construção do conhecimento científico e a crítica ao modelo empirista-indutivista ingênuo (FORATO et al., 2012). Não seria, então, apropriado fazer essas críticas e problematizações de maneira explícita, comparando discursos pseudohistóricos disseminados em livros didáticos com versões mais fidedignas, apontadas pelos historiadores da Ciência? Essa é a essência da metodologia

desenvolvida por Martins (2018), em uma disciplina de História da Física no Ensino Superior. Embora tal metodologia seja voltada para outro público, e portanto muito mais aprofundada do que se esperaria para o Ensino Médio, a adaptação da ideia básica é muito promissora. Deve-se ressaltar também o caráter da abordagem por episódios, em vez de um estudo histórico "completo", abarcando continuamente todo o desenvolvimento da Física, o que seria inviável. Aliás, seria ainda mais inadequado no Ensino Médio, onde o objetivo não é ensinar apenas História da Física, mas, sobretudo, a própria Física.

A sexta aula da unidade didática está parcialmente inspirada nessas diretrizes, tomando como episódio a lenda de Arquimedes e a coroa do rei de Siracusa. Não apenas o episódio em particular é discutido, mas também aspectos mais gerais sobre a natureza da Ciência (ainda que brevemente).

3. OBSERVAÇÕES E MONITORIA

Como parte das atividades de estágio, estive presente em aulas da Escola Estadual de Ensino Médio Ceará, antes de assumir uma turma como regente, durante um tempo de observações e monitoria. Esta fase consiste em uma imersão no ambiente escolar, onde passei a assistir às aulas do professor X em diversas turmas, convivendo também com os demais membros da comunidade escolar e frequentando a sala dos professores. O professor X é o professor de Física da escola, que tem aqui sua identidade preservada, conforme esclarecimento já fornecido na introdução do presente trabalho.

A observação consiste simplesmente em assistir a uma aula, analisando-a e realizando anotações. A monitoria (pouco praticada por mim) consiste em ajudar o professor, caso este julgue conveniente, por meio de atendimento aos alunos quando surgem dúvidas durante a realização de atividades. Idealmente nenhuma aula deveria ser ministrada durante esta etapa do estágio, mas nas últimas semanas houve contratemplos que me fizeram lecionar em duas oportunidades. As atividades observadas (ou desenvolvidas) foram descritas nos relatos presentes na subseção 3.4 do presente trabalho, os quais têm como foco os comportamentos do professor e da turma. Os relatos na verdade não são meramente descritivos e contêm também reflexões de minha parte, baseadas no que foi vivenciado. Também estão presentes breves caracterizações da escola, do professor e das turmas, respectivamente nas subseções 3.1, 3.2 e 3.3.

Nesta etapa estive presente durante 21 horas-aula de Física, ministradas em diferentes

turmas. "Hora-aula" é sinônimo de "período de aula", o qual dura de 45 a 50 minutos. Como se pode notar a partir dos relatos, houve muitas mudanças na grade horária da escola ao longo desse íterim.

3.1. Caracterização da Escola

A Escola Estadual de Ensino Médio Ceará, localizada na Avenida Arnaldo Bohrer, no bairro Teresópolis, em Porto Alegre, atende a um número relativamente pequeno de alunos e é bastante antiga (tem quase 80 anos) e conhecida na região. Uma vez que há apenas quatro turmas (101, 102, 201 e 301), e nenhuma delas tem mais de 30 alunos matriculados, menos de 120 estudantes a frequentam. Considerando o número de alunos assíduos, menor do que 20 por turma, a estimativa fica ainda menor. Sua estrutura física é simples, especialmente em relação ao acabamento das instalações, mas é adequada às demandas da instituição e razoavelmente bem conservada. Há duas edificações principais: uma apenas com o andar térreo e outra com dois andares, onde se localizam as salas de aula. Entre elas há pequenas construções que servem como área de serviço, banheiro e cozinha. A escola apresenta uma área verde bem grande, incluindo alguns abacateiros. Nota-se uma necessidade de maior cuidado com essas áreas (durante cerca de dois meses faltou até mesmo capina nos trechos entre as edificações). Como ponto negativo deve ser notado também o abandono da antiga quadra esportiva, que foi inutilizada após parte do muro adjacente ruir. O problema aguarda solução há meses. A Figura 3 é uma fotografia da fachada da primeira edificação da escola, a qual está razoavelmente longe (cerca de 80 m, segundo o medidor de distâncias do *Google Earth*) da calçada da Avenida Arnaldo Bohrer, pois o pátio frontal é longo.



Figura 3: primeira edificação da Escola Estadual de Ensino Médio Ceará. Fonte: acervo pessoal.

A escola tem laboratório de informática com acesso à internet, biblioteca, quadra esportiva e sala de vídeo com computador, projetor e caixa de som. Há também um laboratório didático, mas ele se encontra praticamente abandonado (conforme o relato da segunda aula do período de regência). As salas de aula visitadas por mim têm mesas e cadeiras de madeira em bom estado, são bem iluminadas e estão equipadas com dois quadros - um negro, para giz, e outro branco, para canetas.

Em enquete informal feita pelo autor com familiares e vizinhos, percebeu-se que os entrevistados não viam a escola como um modelo de excelência educacional. Tal noção é corroborada pelo baixo desempenho no ENEM e pelo índice IDEB, que foi 4,6 no ano de 2013¹.

Por diversas vezes participei de conversas na sala dos professores, durante o intervalo. Nessas conversas foram muito recorrentes reclamações ao marasmo dos alunos e à falta de conhecimentos prévios necessários. Segundo um dos docentes, "a gurizada sabe que aqui o nível não é alto e se transfere para cá para passar de ano. Todo ano eu defendo que devemos acabar com isso e aumentar a exigência, mas não fazemos nada."

Apesar dessas dificuldades, o ambiente da escola é bastante tranquilo. Até onde pude constatar, não há casos especialmente preocupantes de violência ou baderna nas salas de aula.

3.2. Caracterização do Professor

O professor X é licenciado em Física, sendo portanto parte de uma minoria entre os profissionais que lecionam Física na rede estadual de ensino do Rio Grande do Sul. A Tabela 1 fornece de maneira sintetizada uma caracterização do comportamento do professor X durante as aulas. Nela, os números indicam uma escala em que o número 1 corresponde a um comportamento mais próximo do negativo e o número 5 mais próximo do positivo. Tal caracterização baseia-se tão somente na minha impressão, formada a partir das vivências em sala de aula.

Não pude apreender muitas informações a respeito dos méritos e deméritos do professor X em relação a exposições teóricas, pois a maior parte das aulas foi de resolução de exercícios. Durante as poucas explicações teóricas, feitas apenas para introduzir um novo conteúdo, foram detectados alguns equívocos e imprecisões de linguagem significativos. Por outro lado, o professor X se mostrou exímio nas explicações de experiências, que esporadicamente eram apresentadas por

1 As informações foram obtidas no sítio *Escol.as*, na página <<https://www.escol.as/247664-ceara>>.

estudantes como um trabalho avaliativo. O professor X nessas situações sempre forneceu explicações impecáveis, mesmo sem saber qual seria o experimento apresentado até o momento da aula (os alunos sempre tinham muita liberdade para escolhê-los).

O professor X realiza a avaliação trimestral da seguinte forma: metade advém de uma prova trimestral única (com possibilidade de recuperação), um quarto da participação em sala de aula e um quarto de trabalhos avaliativos feitos no caderno e/ou da apresentação de uma experiência. O livro didático utilizado pelo professor é a obra de Sampaio e Calçada (2005), mas os alunos não possuem exemplares próprios e se faz necessário deixar cópias xerográficas na secretaria da escola ou mesmo fotografar páginas do livro, para posterior envio ao grupo da turma no aplicativo de mensagens *WhatsApp*.

Tabela 1: caracterização do professor X

Comportamentos negativos	1	2	3	4	5	Comportamentos positivos
Parece ser muito rígido no trato com os alunos			X			Dá evidência de flexibilidade
Parecer ser muito condescendente com os alunos				X		Parece ser justo em seus critérios
Parece ser frio e reservado					X	Parece ser caloroso e entusiasmado
Parece irritar-se facilmente				X		Parece ser calmo e paciente
Expõe sem cessar, sem esperar reação dos alunos			X			Provoca reação da classe
Não parece se preocupar se os alunos estão acompanhando a exposição				X		Busca saber se os alunos estão entendendo o que está sendo exposto
Explica de uma única maneira				X		Busca oferecer explicações alternativas
Exige participação dos alunos			X			Faz com que os alunos participem naturalmente
Apresenta os conteúdos sem relacioná-los entre si		X				Apresenta os conteúdos de maneira integrada
Apenas segue a sequência dos conteúdos que está no livro	X					Procura apresentar os conteúdos em uma ordem (psicológica) que busca facilitar a aprendizagem
Não adapta o ensino ao nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos			X			Procura ensinar de acordo com o nível cognitivo dos alunos
É desorganizado			X			É organizado, metódico
Comete erros conceituais				X		Não comete erros conceituais
Distribui mal o tempo da aula					X	Tem bom domínio do tempo de aula
Usa linguagem imprecisa (com ambiguidades e/ou indeterminações)				X		É rigoroso no uso da linguagem
Não utiliza recursos audiovisuais	X					Utiliza recursos audiovisuais
Não diversifica as estratégias de ensino	X					Procura diversificar as estratégias instrucionais
Ignora o uso das novas tecnologias		X				Usa novas tecnologias ou se refere a elas quando não disponíveis
Não dá atenção ao laboratório	X					Busca fazer experimentos de laboratório, sempre que possível
Não faz demonstrações em aula	X					Sempre que possível, faz demonstrações
Apresenta a Ciência como verdades descobertas pelos cientistas		X				Apresenta a Ciência como construção humana, provisória
Simplemente “pune” os erros dos alunos		X				Tenta aproveitar erro como fonte de aprendizagem
Não se preocupa com o conhecimento prévio dos alunos		X				Leva em consideração o conhecimento prévio dos alunos
Parece considerar os alunos como simples receptores de informação		X				Parece considerar os alunos como perceptores e processadores de informação
Parecer preocupar-se apenas com as condutas observáveis dos alunos			X			Parece ver os alunos como pessoas que pensam, sentem e atuam

3.3. Caracterização das Turmas

As quatro turmas da escola são bastante semelhantes entre si. A exceção é a turma 101, na qual os alunos parecem consideravelmente menos interessados nas aulas.

Problemas comuns a todas as turmas são o desinteresse de boa parte dos alunos, o sono e o uso do celular. Repetidamente foi observado um comportamento de "atenção intermitente", em que os momentos de compenetração eram intercalados por momentos de distração. Os estudantes em geral não são propensos a conversar com os colegas de forma a atrapalhar a aula, preferindo se distrair principalmente por meio do celular.

Em geral as turmas possuem de 20 a 30 alunos matriculados, mas o número de alunos presentes em uma aula não costuma passar de 20. Uma minoria importante dos estudantes trabalha durante o turno da tarde. As mesas nas salas não costumam ser organizadas em filas separadas, mas em duplas ou trios.

Escolhi a turma 201, do segundo ano do Ensino Médio, para realizar as atividades de regência. Por esse motivo esta foi a turma mais observada. Influíram na escolha o fato de eu já conhecer a turma devido a observações realizadas no semestre anterior, como tarefa de uma outra disciplina da graduação, o horário com dois períodos contíguos de Física e a minha sensação de que se tratava de uma turma razoavelmente participativa, em comparação às demais.

3.4. Relatos de Observações e Monitoria

1ª Observação - 15/08/2018 – Segundo ano do Ensino Médio - Turma 201

2º período da manhã (8h20min – 9h10min)

A aula não se iniciou logo após o soar do sinal. Diversos alunos entraram na sala cerca de dois minutos depois, apesar de não ser o início da manhã, ou o retorno do intervalo. Após a acomodação dos 19 alunos, que em sua maioria conversavam em tom moderado, ou se entretinham por meio de seus celulares, o professor iniciou a chamada em voz alta e lembrou os alunos de que havia um trabalho a ser feito. O trabalho consistia na resolução de exercícios do livro didático, a serem mostrados no caderno ao professor até uma data limite. O assunto em questão era a

conservação de energia mecânica, aplicada a problemas tradicionais que envolviam energia potencial gravitacional, energia potencial elástica e energia cinética.

Como os livros didáticos da escola não ficam em posse dos alunos, estes costumam fotografar as páginas necessárias. Durante a chamada, um aluno que ainda não tinha os exercícios se aproximou da mesa do professor para tirar fotos do livro.

Após o término da chamada, o docente forneceu mais dez minutos para que os estudantes resolvessem os exercícios e avisou-os de que era possível pedir auxílio a mim e a ele. Passei então a me deslocar pela sala, verificando o andamento do trabalho e oferecendo ajuda. Ficou claro que apenas três alunos estavam efetivamente realizando a atividade proposta, enquanto os demais continuavam conversando sobre assuntos diversos ou utilizando o celular. Apenas um aluno solicitou ajuda, e sua dúvida foi um tanto inusitada. Ele não sabia como lidar com a raiz quadrada de vinte, tendo resolvido o exercício corretamente até aí.

Na sequência o professor iniciou a resolução do mesmo exercício no quadro-negro. A grande maioria dos alunos copiou os cálculos e prestou atenção, ainda que entrecortada por distrações, em especial por causa do uso do celular. O professor pausou sua explicação durante alguns minutos, com a expectativa de que os alunos continuassem por conta própria a resolução. Desta vez, pouco menos da metade dos alunos se engajou, e dentre estes surgiu como grande dificuldade a manipulação da raiz quadrada. Ao retomar a resolução no quadro e perceber a dúvida comum a muitos, o docente explicou a fatoração em números primos e demonstrou insatisfação, tendo dito que os alunos já deveriam saber realizar o procedimento muito bem.

O restante da aula foi fornecido como tempo para que os alunos continuassem fazendo o trabalho. Apenas cerca de cinco alunos envolveram-se na atividade, e apenas duas alunas, que estavam estudando juntas, pediram-me ajuda. Quando percebi que para resolver o problema em questão era necessário o conhecimento da força centrípeta, dirigi-me ao professor para perguntar se aquele conceito já havia sido trabalhado. O professor respondeu que não, e também que existia uma outra forma de resolução que dispensava esse conhecimento. Sugeri às alunas que deixassem o problema de lado por enquanto, e fui conversar com o professor. Discutimos até o final do período sobre o exercício, e ele não conseguiu se lembrar da resolução alternativa que havia citado. Na semana seguinte, contou-me que na verdade tal resolução não existia, e que ele havia se confundido com outro exercício.

Nesta aula evidenciou-se uma certa dificuldade da turma em guiar-se frente a proposta de atividade autônoma. A maior parte dos alunos não se engajou satisfatoriamente na resolução dos exercícios, e o fato de que a participação foi um pouco maior após a exposição do professor pode indicar uma certa dependência para com a narrativa docente e o hábito de participação passiva em

sala de aula. Por outro lado, não foram empreendidos muitos esforços a fim de estimular os discentes a aproveitar o tempo de maneira melhor. Evidenciou-se também dificuldade com relação a pré-requisitos básicos de Matemática.

2ª Observação - 15/08/2018 – Primeiro ano do Ensino Médio – Turma 103

3º período da manhã (9h10min – 10h00min)

A aula se iniciou com uma chamada oral, segundo a qual estavam presentes 17 alunos. Durante a chamada e depois dela, durante cerca de dez minutos, o professor permaneceu sentado à sua mesa, sem começar alguma exposição. Disse apenas que os alunos deveriam aproveitar o tempo para realizar os exercícios do trabalho avaliativo que já havia sido solicitado, mas quase todos os alunos não obedeceram a orientação e não trabalharam na resolução dessas questões. Em vez disso, passaram o tempo conversando entre si ou se divertindo com seus celulares.

Em seguida uma aluna pediu permissão ao professor para apresentar a experiência que havia preparado (a realização de demonstrações experimentais livremente escolhidas era uma das formas de avaliação do professor X). Tratava-se do famoso truque de inserir um ovo cozido em uma garrafa de bocal mais estreito que o ovo, colocando anteriormente na garrafa algum material em chamas (geralmente papel ou algodão). A aluna preparou seus materiais em uma mesa no meio da sala, dificultando a visualização para os alunos cujos lugares eram mais próximos ao quadro-negro. Entretanto, sob o olhar de professor e colegas, a aluna não conseguiu realizar a façanha, apesar de ter feito várias tentativas. O que se seguiu então foi uma bela fala do professor, explicando com detalhes as diversas possíveis causas do insucesso: tamanho do bocal, compactação do algodão utilizado, rebarbas no bocal etc. O docente comentou também sobre a importância de realizar as experiências por conta própria e ensaiar a sua execução. Lembrou que, quando vemos um resultado bonito em um vídeo na internet, podemos negligenciar uma série de detalhes necessários para garanti-lo, bem como a série de tentativas frustradas que provavelmente precedeu o sucesso. Todavia, nessa intervenção faltou discutir o mecanismo de funcionamento do experimento. Pouco mais da metade da turma estava compenetrada, e uma minoria importante, distraída.

Outra aluna também quis apresentar uma experiência, mas pediu tempo para preparar seus materiais. Enquanto isso, o professor sugeriu que alguns alunos aproveitassem o momento para fotografar as páginas do livro didático onde estavam os exercícios solicitados no trabalho avaliativo.

O segundo experimento da aula consistia em misturar vinagre com bicarbonato de sódio em uma garrafa com um balão preso ao seu bocal, a fim de observar a sua expansão. A demonstração foi feita com duas garrafas ao mesmo tempo, e percebeu-se uma maior expansão do balão em uma

delas. Quando questionada pelo professor a respeito da diferença, a aluna alegou que o corante alimentício, colocado no vinagre de apenas uma das garrafas, interferia no processo. O professor perguntou então se a mesma quantidade de bicarbonato de sódio havia sido utilizada nos dois casos. A aluna, porém, não havia medido com precisão quanto bicarbonato fora posto. O docente sugeriu então que o procedimento fosse repetido, para averiguar se o corante realmente exercia alguma influência. Dessa forma, sob a orientação da fala do professor, a aluna preparou uma repetição do experimento, dessa vez com quantidades aproximadamente iguais de vinagre e bicarbonato nas duas garrafas, entre as quais a única diferença significativa era a presença ou ausência de corante. O resultado revelou que, de fato, o corante parecia reduzir o volume de gás carbônico produzido. Não houve, porém, discussão sobre as possíveis causas dessa influência. Quando o professor perguntou à aluna o porquê de o balão se inflar, a resposta foi, no mínimo, evasiva: "acontece uma reação química que faz encher o balão".

Outras duas alunas se propuseram a apresentar seu experimento. Trata-se de uma famosa demonstração, realizada da maneira explicada a seguir: inicialmente, uma caneca é amarrada por uma corda a um contrapeso de massa muito menor (no caso, uma porca). O resultado é algo semelhante a uma boleadeira simples, mas com as massas desbalanceadas. A caneca então é pendurada, segurando-se a porca do outro lado, com a corda apoiada sobre alguma barra horizontal (no caso, um lápis segurado por uma aluna). Depois que a porca é solta, a caneca começa a cair, mas tem sua queda surpreendentemente interrompida quando a porca se enrola diversas vezes em volta da barra de apoio.²

As alunas executaram a demonstração com sucesso, chamando a atenção da maioria dos colegas. Enquanto isso, porém, dois alunos "brincavam" de queimar o algodão que havia sobrado do primeiro experimento, deixando um cheiro desagradável na sala de aula.

O professor chegou a questionar as alunas sobre o princípio de funcionamento da experiência, mas as respostas foram muito incompletas. O docente não complementou por conta própria as explicações e em seguida deu as atividades por encerradas, reservando alguns minutos para registrar em seu diário os nomes de quem havia apresentado. Nesses minutos finais, a turma ficou sem uma atividade bem definida.

A iniciativa do professor em propor a realização de demonstrações práticas é louvável, e é claro que o interesse dos alunos por elas, ao menos durante as apresentações, é maior do que o demonstrado pelas aulas expositivas. Por outro lado, foi dada muito pouca ênfase às explicações do que era visto, pondo em dúvida a utilidade dessas práticas em prol de um aprendizado mais

2 O leitor que julgar a descrição incipiente poderá consultar algum vídeo demonstrativo, por exemplo o disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=lweaQwd04YQ>>.

profundo. Adicionalmente, a liberdade completa dada pelo professor tem como resultado o surgimento de muitas ideias completamente diferentes entre si, e talvez fosse melhor restringir as temáticas aos conteúdos que estão sendo trabalhados nas aulas.

3ª Observação - 21/08/2018 – Primeiro ano do Ensino Médio – Turma 101

1º e 2º períodos da manhã (7h30min – 9h10min)

Esta aula se iniciou oito minutos após o soar do sinal. Logo o professor avisou a turma de que havia adiado a prova, que seria naquela mesma aula, para a semana seguinte. Aparentemente houve um contratempo que impediu a realização de uma aula na semana anterior, pois a maioria dos alunos já esperava por essa decisão.

Durante cerca de cinco minutos o professor permaneceu sentado à sua mesa, realizando algum tipo de anotação (provavelmente uma chamada silenciosa). Apenas perguntou aos alunos se eles haviam conseguido fazer algum dos exercícios pedidos, ou mesmo se haviam tentado. Nenhum aluno parecia estudar; todos conversavam ou usavam o celular. Nesse momento uma aluna pediu autorização para ir à secretaria buscar cópias dos exercícios necessários. Algo um tanto inusitado, visto que a prova poderia ter ocorrido naquele mesmo dia e a lista certamente fora fornecida aos alunos há várias semanas.

Em seguida, o professor se dirigiu ao quadro e começou a escrever o enunciado de um dos problemas. Tratava-se de um exercício de cinemática, mais especificamente envolvendo a interpretação de um gráfico da velocidade em função do tempo. Havia seis itens, todos de fácil resolução. O primeiro item, o qual solicitava a velocidade inicial do objeto, poderia ser resolvido por simples inspeção do gráfico. Enquanto a resposta correta seria 6 m/s, os poucos alunos que responderam às indagações do professor insistiam em afirmar como resposta o valor de 0 m/s. Um tanto consternado, o docente anunciou que esperaria o retorno da aluna que havia ido à secretaria, dando assim tempo para que os estudantes repensassem sua resposta. Metade da turma começou a copiar o enunciado, enquanto outra metade estava completamente alheia à aula, mas aparentemente ninguém tentou resolver o problema sozinho.

Após o retorno da aluna, o professor retomou a explicação e resolveu os primeiros dois itens. Durante a resolução, apenas um discente participou, interagindo com o docente ao acompanhar seus cálculos. Ocorreu então uma nova pausa, com o objetivo de permitir que os alunos tentassem responder a pelo menos alguns dos demais itens por conta própria. Todavia, a reação da turma piorou ainda mais. Apenas dois estudantes escreviam algo no caderno (provavelmente uma cópia das resoluções escritas no quadro, e não uma tentativa de resolver os itens seguintes, como

havia sido sugerido), e uma aluna solicitou ajuda individual ao professor.

Quando retomou a palavra, o professor passou a discutir a área debaixo da reta do gráfico. Entretanto, em vez de enfatizar seu significado físico, nesse primeiro momento enfatizou os aspectos geométricos da área. Indagou, com certa insistência, os alunos a respeito do nome da figura formada pela região entre a reta e o eixo das abscissas, sem obter sucesso. Ao final, disse se tratar de um paralelogramo, quando na verdade era um trapézio!

A aula prosseguiu até o fim nessa mesma dinâmica: resolução do professor no quadro intercalada por pausas para que os alunos tentassem resolver os itens seguintes por conta própria. Entretanto, pouquíssimos alunos estavam envolvidos na aula, e mesmo estes apenas copiavam os cálculos do professor, sem tentar por conta própria.

No início do segundo período chegou um grupo de alunos atrasados. O professor os repreendeu pelo atraso e não tentou explicar resumidamente a eles o que já havia acontecido na aula. Eles se sentaram ao fundo da sala, com semblantes de má vontade. Enquanto um desses alunos retirou seus materiais da mochila e se apressou em copiar o quadro (sem retirar os fones de ouvido que usava ao entrar em sala de aula!), os outros sequer abriram suas mochilas e puseram-se a conversar e a se entreter com seus celulares.

Não se faz necessário dar seguimento a uma descrição pormenorizada da aula, pois, como já dito, ela reteve essencialmente o mesmo padrão até o fim. Durante o segundo período, mantendo as pausas, o professor concluiu o primeiro exercício e iniciou outro semelhante, também de interpretação de um gráfico da velocidade em função do tempo. Nesta segunda metade da aula apenas dois alunos interagiram com o professor e efetivamente acompanharam seus cálculos. Além disso, foi necessário reprimir os alunos atrasados diversas vezes, pois com frequência suas conversas sobre futebol atrapalharam o andamento da aula. Próximo ao término da aula o professor realizou uma chamada oral; estavam presentes somente 13 alunos.

Notaram-se nessa aula, além de fortes deficiências matemáticas quanto à interpretação de gráficos, dificuldade em trabalhar autonomamente e dependência para com a narrativa docente. Em especial, as pausas propostas pelo professor, que naturalmente hesitava em simplesmente dar as respostas prontas, não foram utilizadas da maneira desejada.

4ª Observação - 21/08/2018 – Terceiro ano do Ensino Médio – Turma 301 3º período da manhã (9h10min – 10h00min)

Assim que entrou na sala de aula do terceiro ano, o professor já recebeu perguntas a respeito de exercícios específicos. Logo após se acomodar, deixando seus materiais sobre sua mesa, foi

então ao quadro para dirimir as dúvidas. Enquanto escrevia o enunciado no quadro, fazia pequenas perguntas à turma, as quais eram respondidas praticamente em coro. Os próprios alunos ajudaram o professor, ditando a ele os dados numéricos do problema. O docente deu então certas dicas gerais a respeito do problema, mas não o resolveu. Em vez disso, deu tempo para que os alunos tentassem fazê-lo sozinhos.

A reação da turma foi boa, gostando das dicas do professor e se pondo a trabalhar. Dois alunos foram à mesa do professor para perguntar a respeito de detalhes mais específicos, ou mostrar o que já haviam feito. Outros dois alunos conversavam entre si a respeito do exercício, e ao todo mais da metade da turma parecia estar de alguma forma envolvida com a atividade.

Enquanto os estudantes estavam ocupados com o exercício, o professor conversou também com mais dois alunos que posteriormente vieram à sua mesa, um de cada vez. Estes últimos aparentemente mostraram não apenas o exercício em questão, mas toda a lista que fora pedida anteriormente. O docente as corrigiu na hora, junto aos alunos. Ele realizou ainda uma chamada oral (apenas 11 alunos haviam comparecido) e lembrou que a prova seria realizada na semana seguinte.

Todas essas tarefas que o professor realizou em sua mesa demoraram cerca de meia hora, ou seja, os alunos tiveram um tempo muito grande para realizar a tarefa proposta no início do período. Com isso, a turma gradativamente perdeu o foco inicial e muitos alunos passaram a conversar sobre temas diversos ou a usar o celular. Em um momento foi necessária uma admoestação do docente para que as conversas exageradas cessassem.

Nos últimos vinte minutos de aula, porém, a exposição com uso do quadro-negro não foi retomada. Ao contrário, o professor, partindo de uma conversa entre os estudantes que ouviu, começou a versar sobre assuntos totalmente alheios à Física, os quais não convém detalhar aqui. Pouco antes de o período acabar, ele apenas escreveu as respostas finais no quadro, sem os respectivos cálculos.

Esta aula teve como principais pontos fracos o tempo excessivo dado aos alunos para a realização do exercício e a digressão final. Entretanto, ficou clara a maior capacidade desta turma em trabalhar de maneira autônoma, em contraste com a turma de primeiro ano observada imediatamente antes. É impressionante como uma mesma metodologia pode ter resultados tão diferentes, mesmo em turmas aparentemente semelhantes.

5ª Observação - 22/08/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

2º período da manhã (8h20min – 9h10min)

Esta aula se iniciou pela chamada oral, à qual responderam os 15 alunos presentes.

Novamente o professor disse aos alunos que deveriam aproveitar esse tempo inicial para resolver os exercícios solicitados. Dois estudantes foram até a mesa do professor para conversar com ele em particular. Nesse ínterim a maioria dos alunos não fez as atividades, entretendo-se com o celular.

Assim que se levantou e se encaminhou ao quadro, o docente foi interpelado por um aluno, o qual não sabia se determinado valor deveria ser 0,1 ou 0,10. Não se tratava de uma dúvida a respeito de precisão ou de número de algarismos significativos. Era uma dúvida elementar a respeito do funcionamento de números com vírgula, o que espantou o professor (e eu também). Em uma linguagem adequada o docente explicou que zeros à esquerda ou à direita não alteravam o número, isto é, que 0,1 é igual a 00,1 e 0,10. Evidentemente foi uma decisão sábia não abordar nesse momento a questão de que zeros à direita podem indicar maior precisão. Uma frase proferida pelo professor representa bem a situação: "Tô preocupado com vocês, agora vocês me assustaram!".

Aproximadamente metade dos alunos acompanhava a aula, enquanto outra metade utilizava muito o celular. Tal fenômeno já havia sido observado por mim várias vezes, mas nesse momento ele voltou a chamar minha atenção com mais força. Talvez pela cena de uma aluna que apoiava o caderno sobre as coxas e deixava o celular, sozinho, no meio da classe. Quando eu estava no Ensino Médio, o mais comum era justamente o contrário, na tentativa de esconder o celular.

O professor seguiu então à resolução de um exercício sobre conservação de energia mecânica, envolvendo um sistema simples bloco-mola. O docente não hesitou em, logo no início, explicar detalhadamente o uso de frações e a correspondência entre $1/10$ e 0,1. Ouviram-se comentários como "Tô me sentindo na primeira série!" e "Isso todo mundo já sabe, professor!". Todavia, ninguém respondia prontamente aos questionamentos do professor, deixando para se manifestar apenas quando a resposta já havia sido encaminhada.

Nessa mesma resolução os alunos tiveram pelo menos duas outras dificuldades de ordem matemática. A primeira delas foi não conseguir tratar uma equação simplesmente porque a variável a ser isolada encontrava-se à direita do sinal de igualdade. A outra foi um receio quanto à ordem em que as operações de multiplicação e divisão deveriam ser feitas, em uma situação na qual qualquer ordem seria válida.

Após a conclusão do primeiro, o docente passou a um segundo exercício. O tema novamente era a conservação da energia mecânica em um sistema bloco-mola. Dessa vez, após algumas tentativas infrutíferas de interagir com a turma, houve uma pausa para que os alunos fizessem sozinhos o exercício. Dois alunos foram atendidos individualmente, e o professor foi bastante incisivo ao se dirigir a um deles, proibindo o uso de calculadora. Pouco tempo depois o tempo se esgotou e a aula foi encerrada.

Durante a segunda metade da aula o comportamento da turma foi semelhante ao da primeira

metade: alguns alunos prestavam atenção na maior parte do tempo, enquanto outros tantos não se engajavam. Chamou a atenção uma aluna que escrevia freneticamente em seu caderno. No entanto, ela copiava do outro quadro da sala, o quadro-branco, o qual estava repleto de anotações feitas anteriormente por outro professor.

Nesta aula ficaram particularmente à mostra dificuldades matemáticas elementares, as quais até então tinham sido observadas de forma mais indireta. Mais uma vez, a metodologia de aula expositiva não atraiu o interesse de todos os alunos. Por fim, começou a ficar mais claro para mim o que na verdade era um hábito do professor X: corrigir as atividades solicitadas durante a aula, deixando o tempo disponível para os alunos realizarem as tarefas. Porém, a maioria das turmas não trabalha bem dessa maneira e muito tempo é desperdiçado.

6ª Observação - 22/08/2018 – Primeiro ano do Ensino Médio – Turma 103

3º período da manhã (9h10min – 10h00min)

Quando eu e o professor X chegamos à sala, encontramos uma agitação anormal, com alunos caminhando pela sala e conversando em voz alta. Imediatamente o professor pediu calma e disse para os alunos voltarem a seus lugares e fazerem os exercícios indicados. Disse também que a prova, a qual estava marcada para aquele dia, havia sido adiada para a semana seguinte. De maneira semelhante ao ocorrido na turma 101 (conforme o relato da terceira observação), os alunos pareciam já esperar a notícia.

O professor reclamou também da sujeira na sala de aula, pois de fato havia muitos pedaços de papel pelo chão, além de poeira, garrafas e outros tipos de embalagens descartadas. Um único aluno se voluntariou e começou a varrer a sala, enquanto o professor tratou de buscar um cesto de lixo.

Nesse meio tempo, alguns alunos dirigiram-se ao professor, ou conversaram entre si, a respeito do trabalho avaliativo. Mas não se tratava de dúvidas específicas sobre uma ou outra questão, eram perguntas como "Que trabalho é pra fazer?" e "Qual a data de entrega?". Nesse contexto, uma aluna foi à secretaria buscar uma cópia xerográfica da lista, mas retornou alegando que a secretária havia perdido sua cópia. Enquanto tudo isso acontecia, ninguém efetivamente se dedicava a resolver os exercícios.

Quando o professor finalmente assumiu a palavra e deu início à aula, passou a resolver no quadro um exercício de cinemática (o mesmo exercício de interpretação de gráfico que havia sido aplicado na turma 101, conforme o relato da terceira observação). Desta vez, porém, os alunos que estavam acompanhando a aula responderam corretamente ao primeiro item, identificando bem a

velocidade inicial no movimento em questão.

Seguiu-se então uma pausa na explicação, sob o pretexto de dar oportunidade para os alunos se exercitarem por conta própria. Foram poucos, porém, os que realmente o fizeram. Pelo menos quatro alunas estavam completamente alheias à aula: duas conversavam entre si, enquanto outras duas estavam concentradas na música vinda de seus fones de ouvido. Alguns alunos se limitavam a copiar o que o professor havia escrito no quadro.

Essa pausa na explicação foi demorada, pois o professor corrigiu dois trabalhos em sua mesa, ao lado dos alunos que os apresentaram. Quando a explicação foi retomada, já restava pouco tempo, insuficiente para concluir o exercício começado. O professor optou então por montar um resumo rápido das equações necessárias para a prova da semana seguinte e escreveu no quadro o início dos cálculos necessários para responder a cada item do problema.

Após esse esforço, houve ainda tempo para a chamada (indicando a presença de 14 alunos) e para a correção imediata de mais um trabalho avaliativo. Novamente ficou evidenciada, nesta aula, a precariedade da prática de deixar os alunos livres durante certos momentos, pois eles não realizam os exercícios propostos. Talvez tenham se acomodado, pois sabem que invariavelmente o professor fornecerá as resoluções posteriormente.

**7ª Observação - 28/08/2018 – Primeiro ano do Ensino Médio – Turma 101
5º e 6º períodos da manhã (11h00min – 12h20min)**

Esta aula consistiu na resolução de exercícios no primeiro período, a caráter de revisão, para posterior aplicação da prova trimestral. Durante o primeiro período, foi novamente abordado um exercício de interpretação de um gráfico da velocidade em função sobre o tempo, o mesmo presente nas observações de números 3 e 6.

Logo uma aluna interpelou o professor, pois queria fazer a prova mais cedo e ir embora, por conta de um compromisso. O docente inicialmente protestou, e rapidamente alguns colegas criticaram: "Se ela pode ir embora mais cedo, por que eu não posso?". No entanto, após curta negociação o docente aceitou o pedido. A aluna então saiu da sala de aula para chamar uma funcionária da secretaria. Uma prova foi entregue à aluna e ela foi resolvê-la em outra sala, acompanhada da funcionária. Ela voltou depois de apenas vinte minutos, para entregar a prova e buscar seu material. Nesse meio tempo ela conversou com alguns colegas, mas não parece ter comentado a respeito da prova.

Ao longo da discussão sobre o exercício de cinemática, cinco alunos, sentados na parte da frente da sala, participaram, acompanhando cada cálculo do professor. Novamente surgiu a dúvida

sobre qual operação realizar primeiro, em uma situação onde na verdade qualquer ordem seria igualmente válida. Os demais alunos também acompanhavam em certa medida, à exceção de um, o qual nada fazia. Além disso, eventualmente distraía seus colegas, iniciando conversas sobre assuntos diversos. Por conta disso, foi repreendido pelo professor mais de uma vez.

Ainda que a prova estivesse iminente, o docente optou por pausar a explicação a fim de deixar os alunos resolverem o exercício por conta própria. Nesse ínterim, ajudou vários deles individualmente, indo de classe em classe. Demonstrou também uma pequena indignação quando um aluno expressou dificuldade em realizar um exercício bastante simples, o qual consistia simplesmente na substituição de valores numéricos em uma equação.

Enfim, cinco minutos antes do início do segundo período começaram os preparativos para a avaliação. As classes foram organizadas em filas separadas e um resumo foi escrito no quadro. Muitos alunos demoraram bastante para se preparar e guardar os materiais desnecessários. Um inclusive ofereceu resistência aos pedidos de que retirasse os fones de ouvido e o capuz.

Foi feita uma chamada em voz alta durante a prova; 12 alunos estavam presentes. O desenrolar da prova, inicialmente tranquilo, passou a ser perturbado à medida em que alguns alunos entregavam a avaliação e ficavam sem ter algo para fazer. Vários desses alunos, que não tinham respondido muitas perguntas da prova, começaram a conversar entre si. Após sucessivas repreensões, o professor cedeu e decidiu dispensá-los. Um caso curioso foi o do aluno que durante a revisão havia se mantido completamente alheio à aula. Ao sair da sala de aula, esqueceu de seu caderno e de seus chinelos! Descalço, voltou para buscá-los dez minutos depois.

O aluno mais participativo foi o último a entregar a prova, dez minutos antes do final do período. Ele disse ao professor que tinha achado a prova fácil.

Não tenho reflexões de grande envergadura a respeito desta aula, bastante protocolar. Pontuo, porém, que provavelmente seria mais eficaz não dar tempo para os alunos resolverem os exercícios e ocupar todo o período com as resoluções no quadro. Ressalto também a necessidade de fornecer atividades a quem termina a prova mais cedo.

**8ª Observação - 29/08/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201
1º e 2º períodos da manhã (7h30min – 9h10min)**

Também esta aula consistiu na resolução de exercícios no primeiro período, a caráter de revisão, para posterior aplicação da prova trimestral. Ela iniciou cinco minutos após o soar do sinal, de maneira barulhenta: os estudantes preferiram deixar as classes organizadas desde já, mas formaram as filas arrastando as mesas, causando um ruído muito desagradável.

Rapidamente o professor perguntou se existiam dúvidas a respeito de algum exercício em especial. Uma aluna se manifestou, pedindo a resolução de uma questão, e o pedido foi prontamente atendido. A maioria dos alunos prestava atenção, mas entrecortada pelo uso do celular. Poucos estudantes faziam anotações no caderno e, ao longo da resolução, a turma não respondia aos pequenos questionamentos e indagações que o professor fazia. Este questionou, então, se os alunos estavam entendendo a explanação. A resposta foi, em resumo, um unânime "não", bem representado pela seguinte fala de um discente: "É sor, tá complicado... Se mais de dois alunos resolverem a prova até o fim, deixo tu zerar minha prova."

Frente a esse e a vários comentários semelhantes, o professor se irritou. Começou a admoestar toda a turma, fazendo um "sermão" típico dos docentes insatisfeitos com seus pupilos. Após alguns minutos, porém, houve uma resposta um tanto inesperada. Um aluno disse o seguinte: "Para de ficar dizendo que a gente não estuda, a gente perde uns quinze minutos só com isso! Só resolve os exercícios aí, pô!". O comentário inicialmente irou mais ainda o professor, que começou a discutir diretamente com o discente. Após a troca de algumas "farpas", porém, o estudante conseguiu desarmar o docente, por meio da seguinte frase: "Tu tá vendo alguém além de mim participando?". De fato, apesar de não ter as melhores notas, aquele estudante era muito participativo. O professor recuou gradativamente, inclusive pedindo desculpas ao aluno, mas manteve-se descontente com a turma.

Após a discussão, perguntou à turma se havia mais alguma sugestão de exercício para resolver (apesar de a resolução do primeiro problema não ter sido concluída). Um aluno sugeriu, em tom de brincadeira, que o professor resolvesse todas as questões da lista. "Todas?", redarguiu o docente, "Então não fizeram nenhuma?". Ele perguntou, então, quantos haviam tentado fazer os exercícios. Apenas três pessoas levantaram a mão. Decepcionado, o professor então escolheu uma questão e copiou seu enunciado no quadro, deixando a resolução por conta dos alunos e indo fazer a chamada (havia 16 discentes presentes). Durante esse tempo, o aluno que havia discutido com o docente foi até a mesa dele, recebendo algumas explicações.

Logo em seguida soou o sinal do segundo período, e chegaram mais quatro estudantes. Foi escrito um resumo no quadro e a prova foi iniciada. O professor negou veementemente os pedidos de permissão para utilizar a calculadora, feitos por uma aluna.

Muitos discentes terminaram rapidamente a prova, pois deixaram muitas questões em branco. Pelo menos duas pessoas entregaram a avaliação sem responder nada. Um aluno que estava bem ao fundo da sala e que havia colocado sua mochila sobre a classe ao seu lado estava praticamente fora do campo de visão do professor, e consultou o celular durante a prova. Eu, por outro lado, estava mais próximo e pude notar não apenas a presença do celular, mas também que ele

estava sendo usado não para buscar as respostas da prova, mas para acessar redes sociais. Do outro lado da sala, um grupo de alunas parece ter trapaceado trocando bilhetinhos de papel entre si. Aparentemente nada disso foi percebido pelo professor X, ou seja, ele provavelmente foi desatento, mas não conivente.

Nesta aula vivenciei o auge da tensão entre as expectativas do docente e os resultados minguidos obtidos. Qual a causa de tamanho fracasso? Faz sentido dar "sermões" em situações como essa, como fez o professor? São perguntas difíceis, as quais foram parcialmente abordadas nas conclusões do presente trabalho.

**9ª Observação - 04/09/2018 – Primeiro ano do Ensino Médio – Turma 101
5º e 6º períodos da manhã (11h00min – 12h10min)**

Antes de o sinal soar, eu e o professor X estávamos na sala dos professores. Ele estava tão compenetrado na correção de algumas provas que não se dirigiu à sala de aula após o sinal. Receoso, eu não quis questioná-lo, pois imaginei que ele estava prestes a terminar a correção, ou havia pedido para algum colega o substituir durante o período. Entretanto, cerca de quinze minutos após o sinal um aluno veio até a sala dos professores, procurando pelo professor X. Só assim descobri que ocorrera mera distração, e imediatamente nos encaminhamos à sala de aula.

Tendo chegado à sala, o professor entregou as provas corrigidas a um aluno, para que este as distribuisse para os colegas. Este aluno debochava das notas dos colegas, mas em tom humorístico, pois ele próprio havia recebido nota zero. O docente também iniciou uma chamada em voz alta (14 alunos estavam presentes). Muitos estudantes conversavam em um tom de voz alto, mas não exagerado. Todavia, o professor achou por bem fazer duas admoestações durante a chamada.

Após a chamada, o docente orientou os alunos a tentarem resolver as questões que haviam errado na prova. Logo depois, dirimiu individualmente as dúvidas de dois estudantes que o consultaram. Durante todo esse tempo, entretanto, quase ninguém de fato se ocupou com as questões da prova. O professor teve de mais uma vez repreender alguns alunos, por conta de conversas excessivas.

A resolução da prova no quadro-negro iniciou-se dez minutos antes do término do primeiro período. O professor escolheu a última questão da prova para iniciar a discussão, mas ela não se desenrolou da melhor maneira possível. Logo no começo foi necessário novamente xingar alguns alunos, os quais continuavam conversando e prejudicando a aula. O professor chegou inclusive a pedir que se retirassem da sala, mas os alunos não saíram de seus lugares e o docente não insistiu mais.

A exposição sobre a questão da prova, acompanhada por uma minoria muito pequena, foi bastante tensa. A todo momento ela era entrecortada por comentários repreensivos do docente, inconformado com o comportamento e o desempenho da turma.

Depois da resolução parcial de duas questões, um dos estudantes disse ao professor que gostaria de apresentar a experiência que havia preparado como trabalho avaliativo, e teve seu pedido atendido. Novamente se tratava de uma demonstração famosa. Sua ideia básica era pressurizar uma garrafa plástica por meio de uma bomba pneumática manual e depois depressurizá-la rapidamente, removendo-se a rolha que a vedava. Como antes da pressurização é colocado um pouco de álcool no interior na garrafa, o resultado é uma curiosa "nuvem instantânea".

Apesar do sucesso em realizar a demonstração, os discentes não foram capazes de fornecer uma explicação adequada para o fenômeno. O docente então interveio e procurou conduzir os estudantes à resposta, fazendo certas indagações (por exemplo, perguntando se o que víamos na nuvem era vapor ou gotículas em estado líquido). Entretanto, as respostas recebidas não foram muito prolíficas. O professor, então, deixou a questão um tanto em aberto, sem explicar completamente o fenômeno por conta própria. Na verdade, preferiu dar a aula por encerrada ali mesmo, apenas convidando os alunos a limpar a sala de aula. Assim, após dois alunos varrerem a sala, todos foram embora vinte minutos mais cedo.

Como já dito, esta turma se mostrou consideravelmente mais difícil de lidar do que as demais. Nesta ocasião as dificuldades de aprendizado e a falta de atenção dos alunos foram somadas a atitudes que atrapalharam o andamento da aula. As condições eram realmente muito adversas, e as atitudes do professor, embora dignas de melhoria, são perfeitamente merecedoras de compreensão e respeito.

10ª Observação - 05/09/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

1º e 2º períodos da manhã (7h30min – 9h10min)

Nesta ocasião, pouco antes da aula, o professor contou que gostaria de entregar as provas naquele dia, mas por conta de problemas familiares não havia conseguido corrigi-las a tempo. Sugeri a ele que eu utilizasse parte do período para aplicar um questionário de atitudes, por meio do qual coletei informações úteis para a elaboração da unidade didática. A sugestão foi prontamente aceita, e o docente utilizou esse tempo para corrigir as provas.

Em verdade, o professor cedeu todo o primeiro período para a aplicação de meu questionário, tempo bem maior do que o necessário. Isso, no entanto, não se refletiu em uma maior elaboração nas respostas do questionário: elas foram bastante simples e durante o tempo restante os

alunos conversaram entre si e se entretiveram com seus celulares.

Infelizmente, porém, o primeiro período não foi suficiente para que o professor completasse a correção das provas. Ele então realizou uma chamada em voz alta no começo do segundo período (havia 17 alunos presentes, 5 dos quais chegaram atrasados), prosseguindo à resolução de questões da prova no quadro, mesmo não tendo entregue as avaliações.

A sequência da aula não teve muitos aspectos interessantes, pois consistiu basicamente nas explicações do professor. Seis alunos mantiveram seus olhares sempre fixos às telas de seus aparelhos celulares, mas mesmo os estudantes participativos praticamente não interpelaram o professor, até porque não podiam comparar as respostas do docente com suas próprias respostas.

Não tenho reflexões mais profundas a fazer sobre esta aula, que afinal de contas foi emergencial, improvisada diante da impossibilidade de entregar as provas corrigidas, como seria o ideal. Tais cenários fazem parte da vida de qualquer professor.

11ª Observação - 12/09/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

1º e 2º períodos da manhã (7h30min – 9h10min)

Esta aula começou dez minutos após o soar do sinal, pois a funcionária responsável por abrir a escola de manhã cedo havia chegado um pouco atrasada e esquecido de abrir as portas do prédio das salas de aula. Os próprios professores tiveram de encontrar as chaves e abrir o prédio sozinhos, o que levou um certo tempo. Os alunos perceberam a situação e também aproveitaram para retardar um pouco a entrada em sala de aula.

Com todos acomodados na sala, o professor iniciou uma chamada oral (apenas dez alunos estavam presentes) e entregou as provas corrigidas a uma aluna, que por sua vez as distribuiu aos colegas. A orientação do docente foi clara: "Façam no caderno as questões que vocês erraram na prova.". Metade dos alunos pareceu se empenhar na tarefa, inclusive indo até a mesa do professor para fazer perguntas, enquanto a outra metade ignorou a orientação.

Após vinte minutos, o docente retomou a palavra, iniciando uma espécie de "sermão". Incitou os discentes aos estudos, afirmando que "não poderiam simplesmente esbarrar em uma dificuldade e se acomodar". Também discorreu longamente sobre as dificuldades que a turma tinha em fazer pesquisas na internet, problema evidenciado pela quantidade de alunos que não apresentaram alguma experiência didática, conforme solicitado. Nesse contexto, mostrou à turma (na prática, apenas aos alunos mais próximos), por meio de seu celular, vídeos realizados na outra escola em que trabalhava, onde vários estudantes haviam feito projetos interessantes.

O professor passou então a resolver questões da prova no quadro. A metodologia adotada foi

bastante semelhante àquela relatada na terceira observação: exposição intercalada por momentos em que os alunos deveriam tentar prosseguir por conta própria. Os resultados, com muitos alunos alheios à aula e com os poucos alunos participativos frequentemente se limitando a copiar os cálculos do docente, foram muito semelhantes aos já relatados, de forma que sua descrição pormenorizada não se faz necessária aqui. Logo após o início da correção no quadro soou o sinal do segundo período e ingressaram na sala cinco alunos atrasados.

Um detalhe interessante, porém, é o retorno da dúvida causada pelos números 0,5 e 0,50. Ela foi levantada novamente pelo mesmo aluno, mas sem causar grandes impactos à aula, como ocorreu na primeira vez (vide o relato da quinta observação).

Um comentário importante a se fazer, advindo não apenas da observação desta aula, mas também das imediatamente anteriores, é o de que o professor X apresentou uma maior tendência a fazer repreensões e admoestações mais prolongadas. É provável que isso esteja associado com o desencantamento causado pelos resultados ruins nas avaliações, e existe uma possibilidade de os problemas familiares do professor também terem influenciado esse comportamento.

12ª Observação - 19/09/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

1º e 2º períodos da manhã (7h30min – 9h10min)

Esta aula consistiu na resolução de exercícios no primeiro período, a caráter de revisão, para posterior aplicação da prova trimestral de recuperação. Entretanto, ela não ocorreu sem os seus percalços. Acontece que, quando todos já estavam acomodados na sala de aula, o professor X se dirigiu a mim e confessou em voz baixa: havia esquecido as provas em casa. A solução era apenas uma: retornar e buscá-las. Mas como ficaria a revisão? Apesar de não dever ministrar aulas durante o período de observações e monitoria, não pude deixar de amparar o professor e os alunos nessa situação emergencial, e aceitei a proposta de atuar improvisadamente durante o primeiro período.

A primeira parte da missão foi buscar um apagador na sala dos professores, localizada na outra edificação da escola. Estava muito apreensivo com a ideia de deixar a turma sozinha, mas os alunos se comportaram bem durante minha breve ausência.

Ao retornar, resolvi no quadro dois exercícios solicitados pelos alunos, tratando de conservação de energia mecânica no movimento de blocos. Bastante nervoso e concentrado na resolução e na explanação, não prestei tanta atenção às reações dos alunos. Entretanto, em linhas gerais cerca de metade da turma estava engajada e copiando os cálculos no caderno, e minha aventura foi razoavelmente bem-sucedida.

O professor X retornou muito rápido, considerando-se a distância entre a escola e o bairro

onde morava. Foi possível, assim, aplicar a prova com tranquilidade. Não detectei tentativas de cola ou trapaça, e em geral os alunos pareceram mais compenetrados do que estavam quando fizeram a primeira avaliação. Ninguém entregou a prova sem responder ao menos algumas questões, e a grande maioria terminou a avaliação nos minutos finais do período.

13ª Observação - 26/09/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

1º período da manhã (7h30min – 7h40min)

Em verdade, esta foi uma tentativa frustrada de observação. Neste dia o professor não pôde comparecer por questões médicas, o que só pude saber depois de ter chegado à escola. Encontrei uma aluna na entrada, que tinha perguntas a respeito de alguns exercícios. Atendi-a, sanando suas dúvidas.

Fui embora logo em seguida, pois não quis novamente ministrar uma aula improvisada (o que afinal era contrário às orientações de estágio, segundo as quais não deveriam ser ministradas aulas durante o período de observações e monitoria).

14ª Observação - 03/10/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

1º período da manhã (7h30min – 8h10min)

Esta também foi uma tentativa frustrada de observação, pois neste dia ocorreu outro contratempo: a grade horária da escola havia sido modificada e eu não fora avisado. A aula de Física do segundo ano tinha ocorrido no dia anterior! Para piorar a situação, a nova grade continha um horário estranho para o professor X: 4º e 6º períodos na terça-feira, com uma aula de Literatura entre eles. Estudei os horários por um tempo e sugeri modificações que reestabeleceriam a contiguidade dos períodos de Física, evitando assim a necessidade de refazer toda a minha unidade didática, planejada para 7 aulas de 2 períodos cada. A minha sugestão foi aceita posteriormente.

Aproveitei a oportunidade para visitar rapidamente o laboratório didático, indo embora logo depois.

15ª Observação - 09/10/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

4º período da manhã (10h15min – 11h00min)

A aula se iniciou com uma chamada oral, alguns minutos após o final do recreio. Nesse momento estavam presentes 14 alunos, mas alguns entraram posteriormente na sala de aula, com

grande atraso.

Logo depois o professor percebeu que estava sem giz para escrever. Pediu que algum aluno fosse a uma sala de aula próxima e buscasse um giz, mas ninguém se voluntariou prontamente. Portanto, ele teve de fazê-lo por conta própria, deixando a turma sozinha. A turma se manteve em silêncio nesse ínterim, sem maiores problemas. A temperatura dentro da sala era alta e o único ventilador de teto, posicionado no centro da sala, parecia-me incipiente.

O docente começou sua explicação com o uso do quadro-negro, anunciando que a aula trataria das Leis de Kepler. Inicialmente, buscando interagir com os alunos, versou superficialmente sobre as ideias de heliocentrismo e geocentrismo, escrevendo essas palavras no quadro. Também foram citados e escritos os nomes de Ptolomeu, Copérnico, Kepler e Brahe, mas as distinções entre os trabalhos destes três últimos não ficaram claras. De maneira bastante vaga, o professor buscou tecer comparações históricas entre a Revolução Copernicana, a Revolução Industrial e o desenvolvimento da imprensa. As explicações do professor, nessa parte inicial e também ao longo de toda a aula, pareceram improvisadas, com hesitações e nem sempre com uma boa sequência lógica. No entanto, a maior parte da turma prestava atenção, apesar de novamente entrecortada pelo uso do celular.

O professor se encaminhou à explicação da Primeira Lei de Kepler, apresentando-a com um bom linguajar e enfatizando o fato de que as excentricidades das órbitas planetárias são comumente muito exageradas em livros didáticos. Com a ajuda de uma aluna, desenhou uma elipse no quadro utilizando um cadarço, comentando alguns aspectos dessa forma geométrica. Em resposta à afirmação de um aluno, de que "era só um ovo", o professor cuidadosamente distinguiu os conceitos de oval e de elipse.

Enquanto a aluna ajudava a fazer o desenho da elipse, segurando o cadarço enquanto o professor usava o giz, ela foi alvo de chacotas por conta de sua magreza. Entretanto, ela não pareceu incomodada com as piadinhas. O professor não fez qualquer repreensão.

A abordagem das outras duas leis, todavia, não foi tão prodigiosa. Como o período já estava próximo ao fim, as explicações consistiram praticamente em mera enunciação das leis no quadro-negro. Nesta última etapa, quatro alunos cochilaram.

Com o final da aula, alguns alunos perguntaram pelos exercícios relativos ao novo conteúdo. O professor não soube informar, pois ainda não havia os selecionado.

Considero que a aula, embora tenha vários pontos positivos e em geral tenha prendido a atenção dos alunos razoavelmente bem, poderia ter sido muito melhor se acompanhada de um planejamento prévio e não tivesse sido compactada em um único período à força. Outro indício da falta de planejamento é o fato de que esta aula ficou isolada, entre o início da minha regência e o

término do segundo trimestre da disciplina. As Leis de Kepler não foram retomadas pelo professor posteriormente, nem foram tema de alguma avaliação.

16ª Observação - 09/10/2018 – Primeiro ano do Ensino Médio – Turma 103

5º período da manhã (11h00min – 11h10min)

As atividades tiveram início por meio de uma chamada oral, na qual foi constatada a presença de 19 alunos. Novamente o professor se ausentou da sala para buscar um pedaço de giz, desta vez sem tentar convencer alguém a fazer esse favor para ele.

Tratava-se de uma aula de resolução de exercícios, mas o professor não se lembrava exatamente em qual dos exercícios que havia indicado no livro didático havia parado na aula anterior. Com o auxílio de um aluno, que consultou em seu caderno o conteúdo das últimas semanas, o docente se situou, passando a abordar um exercício sobre lançamento vertical.

Logo surgiram dúvidas a respeito de um trecho do enunciado: "Inicialmente o corpo estava em repouso em relação à Terra.". Aparentemente alguns estudantes não tinham clara a concepção de que o movimento só pode ser definido em relação a algum referencial, e que um objeto parado em relação à Terra pode estar em movimento, junto com a própria Terra, em outro referencial. Isso levou a uma explicação mais prolongada do professor, envolvendo inclusive digressões sobre o movimento de rotação da Terra e o seu sentido, com direito a um belo desenho do globo terrestre no quadro.

Todavia, a reação dos alunos não era das melhores. Cerca de seis estudantes dormiam, enquanto os demais, em geral, não estavam muito compenetrados.

Cerca de dez minutos após o início da aula, um aluno vindo da turma 201 interpelou o professor, alegando que a professora de Literatura não havia comparecido e a sua turma estava sem professor. Ou seja, para a turma 201 não haveria nenhuma atividade no quinto período, mas haveria uma segunda aula de Física no sexto. Entretanto, os alunos não estavam dispostos a esperar e gostariam de ir embora, ou de que o professor X "subisse o período", isto é, antecipasse a aula. Evidentemente, esta última opção significaria dar duas aulas ao mesmo tempo, para a turma 103 e para a turma 201.

O professor X pediu, então, que eu lecionasse para a turma 201. Como já discutido, eu não deveria fazê-lo, pois aulas não deveriam ser ministradas por mim durante a fase de observações e monitoria. Entretanto, desta vez achei que a melhor solução era de fato acatar a solicitação do professor X e improvisar algo, pois julguei que isso seria melhor do que a ausência de um período. Por conta disso, não observei o restante da aula na turma 101, encaminhando-me à sala da turma

201. Posso apenas dizer que a explicação estava sendo bem desenvolvida em termos de correção e linguagem adotada, mas não estava sendo bem-sucedida em prender a atenção dos alunos.

17ª Observação - 09/10/2018 – Segundo ano do Ensino Médio – Turma 201

5º período da manhã (11h10min – 11h45min)

Conforme foi dito no relato anterior, eu agora tinha o desafio de improvisar uma atividade para a turma 201. O que fazer? Em conexão às Leis de Kepler, recém-abordadas, resolvi falar sobre as estações do ano. Comecei a indagar os alunos, perguntando-os sobre a causa das estações. Após algumas tímidas contribuições, chegou-se a um consenso de que elas deveriam ser causadas pelo formato elíptico da órbita da Terra: teríamos verão associado ao periélio, onde as temperaturas seriam mais altas por causa da maior proximidade entre a Terra e o Sol, e inverno associado ao afélio, onde as temperaturas seriam mais baixas por causa da maior distância entre a Terra e o Sol.

Comentei então sobre os filmes, desenhos animados, cartões-postais etc. que retratam Papai Noel e cenas natalinas. Questionei - por que há sempre neve e frio, se geralmente temos altas temperaturas durante o Natal? Alguns alunos pareceram surpresos com a pergunta, mas a maioria prontamente respondeu: as estações são diferentes de acordo com o hemisfério do globo terrestre. A cultura de associar o Natal ao frio é oriunda de países do Hemisfério Norte.

Não demorou muito para que os discentes, em geral participativos, percebessem o motivo de minha aparente digressão: era um argumento forte contra a hipótese inicial sobre a causa das estações. Afinal de contas, durante o periélio ambos os hemisférios estão mais próximos ao Sol, mas não é verão para todos. Logo surgiu a pergunta: "qual é a resposta então, professor?". Em vez de retomar os exercícios de pensamento iniciais, para construir uma nova resposta, apenas me pediam a solução pronta.

Procurei acatar os pedidos, pois, é claro, não esperava que os alunos descobrissem por conta própria e espontaneamente, sem qualquer estímulo, a verdadeira causa das estações do ano. Comecei então a desenhar no quadro, com a intenção de explicar a inclinação do eixo de rotação terrestre em relação à normal à eclíptica. Entretanto, logo no começo de minha fala fui interrompido por diversas perguntas sobre a rotação e a translação da Terra. Saindo de minha linha de raciocínio original, procurei sanar as dúvidas explicando detalhadamente a relação entre o dia e a rotação da Terra e entre o ano e a translação. Porém, essas explicações serviram de gatilho para mais perguntas: o questionamento seguinte foi sobre a órbita da Lua. A minha resposta subsequente, que envolveu uma descrição da rotação sincronizada da Lua, originou outra pergunta: qual a sua causa? Essa resposta é mais difícil de ser dada de forma rápida e acessível para um aluno de Ensino Médio,

e o assunto trouxe à tona novas dúvidas, agora sobre as marés.

Eu tinha consciência de que a exposição estava se desviando completamente do objetivo original, qual seja, explicar a causa das estações do ano. Entretanto, não podia deixar de responder às perguntas. Em dado momento, enquanto eu comentava sobre a causa do movimento de rotação da Terra, um aluno, o qual estava participando bastante da aula, começou a fazer questionamentos ainda mais distantes dos temas tratados, sobre o campo magnético terrestre. Em pouco tempo ficou clara a origem de tantas perguntas: esse aluno assistia regularmente a vídeos de divulgação científica, mas nem sempre compreendia integralmente o que neles era dito e viu o momento como uma oportunidade para dirimir suas dúvidas.

Nesse ritmo de perguntas e respostas o tempo passou rápido, e lamentavelmente o período terminou sem que eu explicasse a causa das estações. No entanto, em minha opinião a aula improvisada foi bastante produtiva, com bastante diálogo com os alunos e resposta a dúvidas trazidas por eles. De outra parte, houve também estudantes que não se engajaram muito, sem fazer perguntas, participar das discussões ou mesmo prestar a atenção necessária (novamente a principal distração foi o celular).

Encerrei a aula pois os alunos já estavam começando a se preparar para ir embora, alguns minutos antes de o sinal soar. Para minha surpresa, porém, a professora de Literatura chegou logo depois, quando apenas três alunos ainda estavam na sala de aula. Na verdade havia ocorrido uma série de desencontros. Em primeiro lugar, a grade de horários por mim sugerida já estava em vigor, apesar de eu e o professor X não termos sido informados. Assim, o quinto período deveria ser de aula de Física na turma 201, e o professor X nem deveria ter se deslocado para a turma 103. Acontece, porém, que um terceiro professor, o que deveria lecionar à turma 103 durante o quinto período, não havia comparecido, e assim o equívoco não foi percebido inicialmente. Era esse terceiro professor quem estava ausente, e não a professora de Literatura.

É curioso notar a pressa do professor X durante o quarto período, ao abordar as Leis de Kepler, pois em princípio ele teria mais um período com a turma na mesma manhã. Naquele dia, como já comentado, ele parecia um tanto desorganizado, e é possível que tivesse se esquecido disso.

4. PLANOS DE AULA E RELATOS DE REGÊNCIA

Nesta seção encontram-se os planos de aula da unidade didática construída e os relatos que descrevem sua aplicação na turma 201, os quais novamente não são meramente descritivos, mas

acompanhados de reflexões posteriores. A apresentação é feita aula a aula, com cada plano sendo imediatamente seguido pelo relato correspondente. Ao todo há sete aulas de dois períodos, que correspondem a 14 horas-aula. O conteúdo da unidade didática é a estática dos fluidos. Todas as aulas foram realizadas entre 10h15min e 11h45min, no quarto e no quinto períodos da manhã, às terças-feiras.

Além da fundamentação teórica, serviram como base para a preparação da unidade didática as respostas fornecidas pelos alunos a um questionário sobre atitudes em relação à disciplina de Física. Nele os estudantes expuseram, entre outras informações, sua aversão à Matemática e afeição às atividades experimentais. Foram também importantes os *microepisódios de ensino*, apresentações compactas das aulas aos colegas da disciplina de estágio e ao orientador, os quais ofereceram sugestões de melhoria.

Três das sete aulas foram realizadas na sala de vídeo, com o uso de projeções. Tais projeções, em versões compactadas e esteticamente simplificadas, podem ser encontradas no Apêndice E (no caso da terceira aula, foram removidas as questões de Instrução pelos Colegas, que não chegaram a ser aplicadas). As questões utilizadas para a atividade de Instrução pelos Colegas na quinta aula foram agrupadas em uma folha que foi distribuída aos alunos. Essa página, acrescida a seu gabarito, pode ser consultada no Apêndice C.

A avaliação consistiu na realização de uma prova na última aula e em uma lista de exercícios entregue pelos alunos. Estimulei os alunos a resolverem a lista gradativamente, mas o seu prazo de entrega também era a última aula. A lista de exercícios está disponível no Apêndice A, enquanto a prova está disponível no Apêndice B. Ambas estão aqui apresentadas com gabarito, o qual evidentemente não constava nas versões entregues aos alunos.

O cronograma de regência desenvolvido para esta etapa do estágio pode ser consultado no Apêndice D.

4.1. Aula 1

Data: 16/10/2018

Conteúdo: Apresentação da unidade didática / Pressão

4.1.1. Plano de Aula

Objetivos de ensino - Apresentação:

- Apresentar de maneira panorâmica os conteúdos que serão trabalhados em toda a unidade de ensino e as estratégias de ensino que serão adotadas;
- Motivar o alunado com relação às aulas vindouras, explicitando a importância do questionário para a preparação da unidade didática e também aspectos instigantes do conteúdo.

Objetivos de ensino - Pressão:

- Introduzir o conceito de pressão partindo de exemplos concretos, para posterior abstração.

Procedimentos - Apresentação: exposição dialogada com auxílio de projetor.

Atividade Inicial: Reapresentar-me como estagiário regente durante as sete semanas seguintes. Explicar à turma que nos próximos minutos será feito um panorama a respeito do conteúdo a ser visto e das metodologias de ensino que serão utilizadas, relacionando o planejamento às demandas evidenciadas pelo questionário de atitudes aplicado anteriormente.

Desenvolvimento: Expor, de forma conjunta, os conteúdos e os métodos de ensino a partir de cada demanda presente no questionário. A apresentação deve ser feita de maneira a valorizar as características motivadoras de cada tópico, em especial suas aplicações concretas e as atividades experimentais planejadas.

Fechamento: Encerrar a exposição, com brevíssima recapitulação e eventual esclarecimento de dúvidas. Encaminhar a aula para a discussão do primeiro tema, pressão.

Procedimentos - Pressão: exposição dialogada com auxílio de projetor e demonstração experimental.

Atividade Inicial: Problematizar as camas e bancos de pregos utilizados por faquires, indagando sobre a maneira pela qual estes conseguem passar muito tempo sentados ou deitados neles. Demonstrar que qualquer um pode realizar o número, sentando sobre o banco de pregos em frente à turma e pressionando um balão sobre ele. Eventualmente alguns alunos, caso insistam e estejam usando calças de brim, poderão também testar o banco (o brim é importante pois há risco de dano a calças de tecidos mais delicados).

Desenvolvimento: Estimular a exposição de ideias por parte dos alunos e guiar a discussão ao questionamento sobre as diferenças entre sentar sobre um banco comum, um banco de pregos e um único prego. Indagar também a respeito da utilidade de um prego sem ponta e sobre que fatores influenciam a capacidade de corte de uma faca. A partir dessa problematização, introduzir a definição física de pressão, posteriormente ilustrada com exemplos concretos adicionais. Em seguida, propor aos alunos que, em pequenos grupos, façam uma estimativa da pressão exercida no

chão por uma pessoa que está de pé.

Fechamento: Encerrar a discussão sobre pressão, com brevíssima recapitulação e eventual esclarecimento de dúvidas. Reservar os últimos minutos da aula e utilizá-los para explicar as formas de avaliação aos alunos: uma lista de exercícios, a ser resolvida gradualmente em casa e entregue no último dia de aulas, e uma prova final, a ser resolvida em aula, de maneira individual. Entregar a lista de exercícios, indicando quais deles já podem ser resolvidos por meio dos conhecimentos abordados até o momento.

Recursos: computador, projetor, banco de pregos, régua e/ou fitas métricas, balões.

Observações: esta aula deverá ocorrer na sala de vídeo da escola. A explanação das formas de avaliação, em termos de sequência lógica, ficaria melhor posicionada como fechamento da primeira parte da aula. Entretanto, sabendo-se que o tema com frequência gera agitação por parte dos alunos, preferiu-se adiá-la para facilitar o desenrolar da segunda etapa da aula.

4.1.2. Relato de Regência

Cheguei à escola com bastante antecedência (mais de uma hora e meia antes do início do meu período), a fim de ter tempo suficiente para contornar eventuais problemas quanto ao uso da sala de vídeo. Fui prontamente atendido por uma funcionária da escola e rapidamente acessei a sala de vídeo, transferindo o arquivo necessário do meu *pen drive* para o computador com tranquilidade. Chamou-me a atenção a desordem das cadeiras da sala e procurei arrumá-las. Fiquei também com a impressão de que a iluminação da sala era deficiente, deixando-a um tanto escura. Entretanto, optei por não mover as cortinas, temendo que a luz solar ofuscasse a projeção.

Na semana anterior, os alunos haviam sido avisados de que a aula seguinte seria a primeira aula sob minha regência e de que ela aconteceria na sala de vídeo. Entretanto, decidi ir até a sala da turma e avisá-los novamente, pouco antes do recreio. Mesmo assim, muitos alunos não se encaminharam prontamente à sala de vídeo após o sinal. Isso ocorreu em parte por causa do já conhecido hábito de demorar para voltar do intervalo, mas também por causa de um detalhe que só percebi nesse momento: os alunos evidentemente precisavam ir inicialmente à sala de aula para buscar seus materiais de anotação, dirigindo-se depois à sala de vídeo.

O primeiro trecho da aula se desenvolveu razoavelmente bem: certamente não houve atenção e engajamento absolutos, mas a maioria dos alunos parecia estar atenta à minha fala.

Olhando as expressões de cada um eu pude reparar que alguns se identificaram com suas respostas ao questionário de atitudes, embora eu tenha mencionado apenas o conteúdo delas e não as reproduzido literalmente. Alguns alunos fizeram pequenos comentários ou perguntas pertinentes ao que estava sendo dito, indicando que estavam acompanhando a exposição. Todo esse primeiro segmento durou pouco mais de vinte minutos, deixando-me um tanto surpreso, pois acreditava que seria necessário mais tempo para concluir esta primeira parte.

O segundo trecho da aula iniciou-se com uma indagação direta aos estudantes: como os faquires conseguem ficar em cima de bancos de pregos? Inicialmente foi sugerido que os faquires lançam mão de técnicas de respiração. Quando interrogado sobre a maneira pela qual tais técnicas poderiam ser úteis, o autor da sugestão não deu uma resposta clara, hesitando entre uma possível influência sobre a dor que o faquir sente e uma possível influência sobre o modo como ele se apoia nos pregos. Com um pouco de argumentação o levei a descartar a segunda ideia, e ele pareceu convencido. Pouco tempo depois outros discentes interviram e, um após o outro, expuseram suas opiniões, complementares entre si e distintas da ideia inicial. Por conta própria eles chegaram à comparação entre um banco com muitos pregos e outro com poucos pregos.

Associei minhas explicações ao que recém fora dito pelos alunos, procurando corroborar e refinar as ideias corretas. Prossegui então à demonstração com balões: estourei com facilidade um balão utilizando um único prego. Em seguida, comecei a pressionar outro balão sobre o banco de pregos (usando minha própria mão). A partir desse momento, tive uma sequência de ideias péssimas. Temendo um fracasso da demonstração, expliquei aos alunos que na verdade o balão poderia estourar, mas que havia menos chances e certamente seria necessária uma força maior do que a utilizada antes (com apenas um prego). Após ser bem-sucedido inicialmente (em pressionar o balão sem rompê-lo), resolvi ilustrar o que havia acabado de dizer, apertando o balão contra os pregos até que ele estourasse. Alguns segundos depois percebi meu erro: depois que a bexiga fosse furada eu levaria minha mão em direção aos pregos! Entretanto, essa percepção não me salvou do acidente anunciado: em novo erro julguei que, se eu prestasse atenção suficiente, seria capaz de reagir a tempo e remover minha mão logo após o estouro, rápido o bastante para não me machucar. Obviamente eu estava enganado, e o resultado foi um corte na polpa do meu polegar esquerdo. Felizmente foi um corte superficial, acompanhado de um sangramento pequeno e que se estancou sozinho. Eu tranquilizei os alunos e a aula continuou sem maiores complicações.

Toda essa sequência de decisões não muito espertas aconteceu em questão de um minuto, minuto no qual o meu cérebro parece ter tirado férias. O episódio, um tanto ridículo, uma vez que era fácil prever e evitar o acidente, pode entretanto ensinar alguma coisa, do meu ponto de vista. Quando lecionamos, em geral nossa atenção não está voltada apenas ao que estamos explicando ou

demonstrando: nos preocupamos com as reações dos estudantes, com as conexões relativas ao que já foi dito, com o que é necessário fazer para garantir coerência com os trechos seguintes da aula, com o tempo restante etc. Demonstrar um experimento para uma turma não é a mesma coisa do que realizá-lo sozinho. Se eu tivesse ensaiado antes a demonstração, com mais calma e atenção, teria reparado a necessidade de usar algo que não a própria mão nua para pressionar o balão contra o banco de pregos. Mesmo demonstrações simples devem ser completamente ensaiadas e planejadas anteriormente!

Bem, mas ainda restava a dúvida sobre a necessidade ou não de alguma técnica especial para sentar sobre o banco de pregos. Realizei então a demonstração, sentando sobre o banco e explicando que não há técnicas específicas. Os alunos pareceram acreditar e entender a ideia, mas três também quiseram sentar no banco - entre eles, uma aluna magra e um aluno com sobrepeso. Foram feitas piadinhas sobre os dois, em especial sobre a menina, mas ambos aparentaram não se importar muito. Como eles não se mostraram incomodados e eu não consegui identificar os responsáveis pelos comentários, acabei não tecendo represálias. Enfim, os três alunos fizeram o teste por conta própria e assim a turma pôde ver que de fato é possível, sem qualquer truque e sem dor, sentar sobre um banco de pregos.

Continuei a exposição, agora apresentando formalmente o conceito de pressão e ilustrando-o com mais exemplos concretos. Novamente houve participação razoável de alguns alunos em resposta às minhas indagações, em especial sobre as características que uma faca deve ter para que corte bem. Entretanto, assim como antes, pouco menos da metade da turma não se engajou de forma nenhuma nas discussões. Por si só isso não é um problema, porque há vários alunos na turma e sequer seria possível que todos fizessem comentários mais longos sobre suas ideias, e também porque há muitas opiniões coincidentes, que naturalmente não precisam ser repetidas por cada um. Entretanto, notei que os estudantes que não se envolviam nas discussões estavam efetivamente um tanto alheios à aula, prestando atenção de maneira intermitente: ora olhando para mim, ora olhando para o celular, ora tirando um cochilo. Em suma, ocorreu o fenômeno que já tinha observado repetidas vezes nas semanas anteriores. Todavia, sua intensidade me pareceu menor, isto é, em geral a turma prestou um pouco mais de atenção que o de costume.

A última atividade, de estimativa da pressão que uma pessoa de pé exerce sobre o chão, não ocorreu como o planejado. Após a minha orientação, os alunos permaneceram apáticos! Em vez de se reunirem em grupos para começar a pensar na atividade, continuaram sentados e em silêncio. Não fizeram qualquer pergunta sobre a tarefa proposta. Também praticamente não reagiam quando eu perguntava se haviam entendido a ideia, não se manifestando nem positivamente nem negativamente. Fiquei um tanto perplexo com essa situação, por alguns momentos não soube o que

fazer. Expliquei novamente a atividade, insisti um pouco mais, mas não demorei muito para desistir da ideia de atividade em grupos. Resolvi fazer um exemplo no quadro: perguntei a um aluno seu peso e pedi para que medisse o comprimento de seu tênis e a largura no seu centro (estimei a área do solado por meio da área de um retângulo com essas dimensões). A medição foi feita com uma régua emprestada por um colega, e nesse momento percebi que a maioria dos alunos não possuía régua (ao contrário do que eu imaginava anteriormente). Fiz o cálculo no quadro, obtendo um resultado. Pensei em novamente insistir na atividade em grupo, agora que um exemplo já havia sido dado e bastaria imitá-lo. No entanto, a expressão dos alunos não havia mudado muito e eu preferi resolver outro exemplo no quadro. Os resultados foram interessantes pois indicaram que o aluno menos pesado exercia maior pressão sobre o chão, pois a diferença entre os tamanhos dos pés mais do que compensava a diferença entre os pesos. Para minha surpresa, um aluno fez uma observação bastante pertinente: indicou que o cálculo era problemático, pois a distribuição de forças não era uniforme ao longo do solado. Disse ainda que no calcanhar a pressão deveria ser maior. Respondi dizendo que seu raciocínio estava correto, mas lembrei que se tratava apenas de uma estimativa: a distribuição uniforme de forças era uma idealização, assim como o método usado para calcular a área da sola. Enfatizei que se tratava de uma aproximação e não de um cálculo muito preciso.

Dei a última atividade por encerrada quando ainda faltavam cerca de vinte minutos para o final do período. Fiquei bastante surpreso com isso, pois geralmente sofro do problema contrário - não conseguir encerrar uma aula no tempo adequado. Dez minutos foram utilizados para explicar as formas de avaliação e entregar as listas de exercícios. Vários alunos reclamaram da extensão da lista, argumentando que o professor X jamais havia pedido tantos exercícios como tarefa. Respondi apenas que a extensão da atividade se justificava pelo tempo disponível para realizá-la - sete semanas. Lamentavelmente eu me esqueci de dizer o argumento que eu havia preparado anteriormente (prevendo essa mesma reação): a lista de exercícios tem 29 questões, menos do que um terço de uma prova do ENEM, a qual deve ser realizada em uma tarde...

Como eu não tinha uma lista de chamada, passei uma folha para que os alunos confirmassem presença escrevendo seus nomes. Segundo essa lista, estavam presentes 17 alunos (mesmo número de listas de exercícios entregues). Furneci meu número de celular a um aluno, para que ele posteriormente me adicionasse ao grupo da turma no aplicativo de mensagens *WhatsApp*. Meu objetivo era o de enviar aos alunos os materiais utilizados ao longo da unidade didática e estar disponível para esclarecimento de dúvidas. Nos dias seguintes, reparei que o grupo é muito pouco ativo. Enfim, encerrei a aula dez minutos antes de o sinal soar, dando bem mais tempo do que o necessário para que os alunos regressassem à sala de aula.

Há ainda um último detalhe curioso: ao entrar na sala de vídeo, um aluno exclamou, com

posterior aprovação dos colegas: "Nossa, é a primeira vez que vejo essa sala organizada!". Entretanto, isso não impediu que eles aos poucos reordenassem as cadeiras à sua preferência e depois não as colocassem de volta em seus lugares originais, deixando a sala bastante desorganizada ao final da aula!

Em conclusão, considero que a aula foi satisfatória. Certamente houve problemas consideráveis (o acidente durante a demonstração, a falha na última proposta, o fato de que alguns alunos não se envolveram nas discussões), mas em geral senti que a turma prestou atenção e fui razoavelmente bem ouvido e compreendido. Foi minha primeira experiência como docente "efetivo" (e não "improvisado", como ocorreu no período de observações e monitoria) em uma turma de Ensino Médio.

4.2. Aula 2

Data: 23/10/2018

Conteúdo: Pressão atmosférica

4.2.1. Plano de Aula

Objetivos de ensino:

- Definir o conceito de fluido, diferenciando fluidos de sólidos;
- Apresentar a ideia de pressão em fluidos, em especial a pressão atmosférica, ampliando a discussão da aula anterior;
- Associar o conceito de pressão atmosférica a fenômenos do cotidiano.

Procedimentos: exposição dialogada com auxílio de quadro-negro e atividades experimentais.

Atividade Inicial: Relembrar a aula anterior e indicar que o próximo tópico de estudo será a pressão exercida por fluidos em repouso. Com o auxílio do quadro-negro, definir o conceito de fluido e esclarecer que também os fluidos têm peso e exercem pressões por causa dele. Fornecer o valor médio da pressão atmosférica ao nível do mar e estimar o valor da força total exercida por ela sobre a capa do livro didático.

Desenvolvimento: Indagar os alunos a respeito dos motivos pelos quais não observamos efeitos bruscos causados pela pressão atmosférica, como o sugerido pela estimativa, a fim de criar uma pequena discussão. Arrematar a discussão propondo um desafio: mostrar aos alunos uma

garrafa com um balão cheio de água em seu interior e pedir para que eles, também munidos de garrafas, balões e água, reproduzam a "façanha"³. Antes de os materiais serem fornecidos e a prática começar, os alunos deverão enunciar o que farão para tentar resolver o desafio. Ao longo da atividade, à medida em que surgirem erros e acertos, chamar a atenção para a relação deles com a pressão atmosférica, tema da aula. A sequência da aula envolverá a revelação do segredo, caso os alunos não o descubram por conta própria, complementada por mais uma demonstração experimental e sua respectiva discussão: um modelo simplificado dos pulmões, feito de balões e uma garrafa⁴. Por fim, questionar os alunos sobre o que acontece com uma garrafa de água mineral durante um voo comercial⁵.

Fechamento: Encerrar a discussão sobre pressão atmosférica, com brevíssima recapitulação e eventual esclarecimento de dúvidas. Relembrar os alunos a respeito da lista de exercícios, indicando os exercícios que podem ser resolvidos a partir dos conhecimentos recém-abordados. Indicar páginas do livro didático para leitura até a aula seguinte, pedindo também que anotem suas dúvidas.

Recursos: quadro-negro, garrafas, balões, modelo dos pulmões.

Observações: esta aula deverá ocorrer no laboratório de ciências da escola.

4.2.2. Relato de Regência

Novamente cheguei à escola com antecedência de mais de uma hora e meia. Prontamente fui atendido por uma funcionária e acessei o laboratório de ciências. Neste momento fui avisado de que deveria ter comunicado com antecedência a minha intenção de utilizar a sala, para que no dia anterior a responsável pela limpeza a preparasse. Entretanto, algumas semanas antes eu já havia visitado o laboratório e dito que realizaria uma aula lá. Naquela ocasião não fui informado disso...

Na minha curta visita anterior eu já havia reparado que o laboratório, ainda que estivesse em condições de uso, parecia um tanto abandonado. Desta vez, pude notar mais alguns detalhes. Parte dos fundos do laboratório era usada como depósito de classes e cadeiras, dispostas desordenadamente, e havia muita poeira e muitas teias de aranha, inclusive na moldura do quadro-negro. Entretanto, o que mais me chamou a atenção foi uma janela basculante aberta e emperrada. Perto dela havia muitas folhas, vindas do pátio, e estava claro que entrava água no laboratório em

3 A inspiração é o vídeo disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Grziaq-caVE>>.

4 A inspiração é o vídeo disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=DNbF6bnCoio>>.

5 O vídeo disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=dUN904qMqRo>> foi a base da discussão e posteriormente foi enviado aos alunos via *WhatsApp*.

dias de chuva. Imediatamente ao lado dessa janela havia uma estante com vários livros em péssimo estado de conservação, revirados, provavelmente, pelo vento. Tal cena de abandono me deixou um tanto triste.

Enfim, organizei meus materiais, tirei a maior parte da poeira das bancadas e das pias com um pano que trouxe de casa, já deixei escritas algumas coisas no quadro-negro e esperei o sinal. Além disso, avisei novamente a turma de que a aula ocorreria no laboratório (eles já haviam sido comunicados na aula anterior e também via *WhatsApp*). Como de costume, porém, os alunos não se encaminharam imediatamente ao laboratório após o término do intervalo, fazendo com que a aula se iniciasse com cerca de dez minutos de atraso. Chegaram no horário apenas o professor X e o orientador de estágio, que naquele dia veio observar minha aula (sem aviso prévio, como de praxe). Eu esqueci de apresentar o orientador à turma, mas espero que não o tenham visto como um estranho completo, pois eu havia falado sobre ele e até mesmo descrito sua fisionomia na aula anterior. Ele mesmo se apresentou em um trecho final da aula, ao fazer um comentário que enriqueceu uma de minhas explicações.

Depois que todos os estudantes haviam se acomodado, comecei minha exposição, tratando inicialmente dos estados da matéria. Ao longo de toda a aula, desde o começo, procurei realizar exposições de fato dialogadas, interagindo com os estudantes na medida do possível. Iniciei indagando-os sobre as definições de "sólido", "líquido" e "gasoso". Logo surgiu a concepção alternativa de que chamamos de sólidos os materiais que são duros. Argumentei afirmando que a borracha de um balão, embora não seja dura, certamente não é um líquido, nem um gás. As definições que introduzi logo depois, baseadas na ideia de volume e formato bem definidos (ou não), foram bem recebidas pelos alunos.

A explanação inicial continuou bem, conforme o planejado no plano de aula. As intervenções dos alunos, embora curtas, foram em geral pertinentes ao tema, e participaram mais alunos do que na primeira aula. Entretanto, cometi um erro importante ao escrever a altitude do monte Everest e a altitude média de cruzeiro de um voo comercial, as quais faziam parte de minha explicação. Em vez de fornecer os valores aproximados 8 km e 10 km, escrevi 8 000 km e 10 000 km! O erro foi induzido pela fala de um aluno, que já sabia os valores, mas se confundiu com as unidades. Desatento, não percebi o engano e o reproduzi. Só me dei conta do problema quando fui avisado posteriormente pelo orientador, e a falha pôde ser corrigida apenas na terceira aula. Além disso, depois percebi que uma aproximação melhor para a altitude do Everest seria 9 km, já que a altitude de seu pico é cerca de 8 848 m.

Propus então à turma o desafio de encher um balão com água dentro de uma garrafa, apresentando um modelo que havia feito antes. A opinião sobre o que fazer para cumprir a tarefa foi

praticamente unânime: bastaria colocar o balão, murcho, dentro da garrafa, e depois enchê-lo de água utilizando a torneira. Logo em seguida dei garrafas e balões aos alunos e a atividade se iniciou. É verdade que o início foi um tanto caótico, pois havia apenas duas pias na sala e eu não havia me preocupado em estabelecer alguma ordem para utilizá-las. Muitas pessoas se aglomeraram ao redor das pias ao mesmo tempo, mas todas estavam engajadas na atividade e interessadas em resolver o problema. Todavia, alguns alunos, menos de cinco, não se envolveram e permaneceram sentados em seus lugares. Pensei em falar com eles individualmente, insistindo em sua participação, mas naquele momento não havia espaço para todos e eu estava mais preocupado em tentar garantir um mínimo de ordem nas proximidades da pia e em observar de longe o que os discentes estavam tentando fazer.

Em pouco tempo vários alunos conseguiram algum resultado: de fato, é possível encher o balão até um certo limite, caso seu bocal não obstrua completamente o bocal da garrafa. O limite é, naturalmente, o ponto em que o próprio balão se expande de forma a impedir a saída do ar que está embaixo dele. Ao perceber essa situação, que dava aos estudantes um aparente sucesso sem que eu atingisse meu objetivo (de que os alunos notassem a importância de um meio para o ar sair, por exemplo, um furo na parte de baixo da garrafa), pedi aos alunos que pausassem o que estavam fazendo por um momento e prestassem atenção à minha explicação. Disse então que era necessário encher bastante o balão, até que ele ocupasse no mínimo metade do volume da garrafa; ou seja, bem mais do que haviam feito. O meu modelo havia sido preparado com uma garrafa pequena, de 250 mL, enquanto os discentes tinham à disposição garrafas de 510 mL⁶. Achei que isso pudesse dificultar a aceitação da minha última fala, já que o tamanho do meu balão era semelhante ao do que eles tinham conseguido encher, mas aparentemente eles de fato entenderam a mensagem e puseram-se de volta ao trabalho. A ideia mais popular foi a mais simples possível: tentar encher mais o balão, do mesmo jeito utilizado antes. Não demorou muito para que dois balões estourassem e alguns alunos começassem a perceber que o problema ao final das contas não era tão simples quanto parecia no começo.

Nesse meio tempo um aluno me pediu para ver mais de perto o meu modelo. Mostrei-o segurando-o pela base, na tentativa de não mostrar o furo que havia feito. Foi o suficiente para que o aluno saísse da sala com sua garrafa e voltasse com ela furada logo depois (não sei o que ele utilizou para fazer o furo), conseguindo cumprir o desafio facilmente. Minha impressão é a de que ele já tinha a ideia antes, mas a confirmou ao ver que eu segurei a garrafa pela base, de um jeito

6 Foi utilizado o símbolo L (le maiúsculo) para representar o litro, a fim de evitar confusões entre a letra ele minúscula (l), o algarismo 1 (um) e a letra i maiúscula (I). Essa distinção se fez realmente necessária nas projeções utilizadas nas aulas, e ela é consistente com a orientação da 16ª CGPM, de acordo com a 1ª edição brasileira da 8ª edição do BIPM (INMETRO, 2012).

talvez estranho.

Pouco antes de eu dar por encerrada a atividade, enquanto muitos alunos ainda estavam próximos às pias, comecei a conversar, do outro lado da sala, com uma aluna que fizera uma pergunta pertinente. Enquanto eu estava concentrado, respondendo à dúvida, percebi que o som vindo das conversas perto das pias aumentou. Estava ocorrendo uma briga, e, quando me dei conta, ela já estava em estágio avançado! Dois alunos discutiam em tom alterado, enquanto os colegas próximos nada faziam para tentar apaziguar a situação. Senti-me desorientado, sem saber muito bem o que fazer. Eu não sabia a causa da briga e portanto não poderia repreender e/ou tentar afastar apenas um deles, pois havia risco de cometer alguma injustiça. Ambos os alunos estavam se portando de maneira que me parecia igualmente agressiva. A única coisa que me ocorreu foi me posicionar entre os dois, para que fosse menos difícil evitar um eventual confronto físico, e pedir calma a ambos. Após mais algumas boas dezenas de segundos de xingamentos, cada um foi para o seu lugar e a ordem foi reestabelecida.

Mesmo durante a briga eu me perguntava se não deveria agir de forma mais enérgica. Em minhas vivências como aluno na educação básica, os professores em geral punham fim a conflitos como esse "à base do grito", impondo sua autoridade também com violência. Aliás, sempre achei curiosos os sermões exaltados de meus professores no Ensino Médio e no Ensino Fundamental, que não raro aumentavam o tom de voz até mesmo quando estavam em questão problemas relativamente pequenos. Eu, pelo contrário, não estava irritado e não via nenhum motivo razoável para esbravejar contra os alunos. Talvez as agruras da sala de aula nos deixem mais agressivos nesse sentido, com o passar dos anos. De qualquer forma, não há fórmulas mágicas para a mediação de conflitos em sala de aula, como o orientador me aconselhou posteriormente. Embora a minha estratégia de mediação talvez não tenha sido a melhor possível, o importante é que ninguém se machucou e a aula pôde prosseguir sem maiores problemas.

O orientador, que estava sentado no fundo da sala e bem mais próximo às pias do que eu no momento da confusão, posteriormente me contou a origem da briga: um aluno pediu silêncio ao outro, para ouvir a explicação que eu dava no outro lado da sala. O pedido não foi bem recebido e a resposta foi uma ofensa, em seguida retribuída pelo colega. A futilidade do motivo é impressionante! Ao final da aula um outro aluno contou que as brigas entre aqueles dois estudantes eram recorrentes, embora eu jamais tivesse presenciado uma. De fato, certas coisas são completamente imprevisíveis...

Enfim, retomando a ordem e encerrando a atividade prática, retornei à minha exposição dialogada e convidei os alunos a contarem o que haviam feito. Conversamos sobre o motivo do sucesso do aluno que fez um furo na garrafa e emendei a explicação com o modelo simplificado dos

pulmões. A participação foi novamente boa, com perguntas e comentários pertinentes. Surgiram também alguns poucos comentários que não tinham relação direta com o assunto, os quais eu procurei encaminhar para discussões mais próximas do tema. Nessa mesma toada se deu a exposição dialogada a respeito dos efeitos sofridos por uma garrafinha de plástico durante um voo comercial. Um aluno previu, por iniciativa própria e corretamente, que a garrafinha se contrairia durante o pouso, caso tivesse sido aberta durante o voo e depois fechada completamente. Anteriormente, uma aluna havia comentado que a membrana inferior do "pulmão artificial" se inflaria caso alguém soprasse no canudo e inflasse os balões, também de maneira espontânea. Manifestações como essa são muito positivas e indicam aprendizagem significativa - de fato o conhecimento estava sendo assimilado de forma não-arbitrária e utilizado em outros raciocínios.

Entretanto, nos últimos quinze minutos da aula alguns alunos cansaram, deixando de prestar atenção ou mesmo cochilando. Todos eles aparentavam estar com sono desde o início dos períodos. Embora parte considerável da aula tenha consistido em exposições dialogadas, considero que a principal causa desse problema não foi uma falta de dinamicidade da aula, que apesar de ter muito a melhorar, foi provavelmente a aula mais diversificada desta unidade didática, tanto no planejamento quanto na prática.

Após o término de todas as atividades planejadas, restavam ainda dez minutos antes do final do período. Decidi então tentar realizar uma demonstração que havia deixado de lado, pois em meus ensaios nem sempre consegui realizá-la bem. Trata-se de colocar um pequeno balão com água dentro de uma garrafa com bocal menor do que ele, colocando anteriormente um pedaço de algodão em chamas dentro da garrafa (o mesmo experimento é comumente feito com um ovo cozido)⁷. Pedi a ajuda de um aluno e felizmente conseguimos realizar a prática. Após a iniciativa desse mesmo aluno, a turma aplaudiu. Mesmo os estudantes que há pouco cochilavam prestaram alguma atenção. Informei os discentes a respeito da tarefa de leitura para a semana seguinte e encerrei a aula cerca de três minutos antes de o sinal soar, de forma que todos tiveram um tempo adequado para retornar à sala de aula.

Nesta aula houve falhas importantes: a briga e a incapacidade de fazer com que todos se engajassem e prestassem atenção até o final. Mais tarde fui informado pelo orientador de outras duas deficiências: eu nem sempre dei a palavra a quem intervinha durante as exposições dialogadas, em especial a um aluno em particular, e apresentei certa tendência a "cortar" os estudantes, por vezes interrompendo suas falas quando diziam algo interessante, sem deixá-los completar o raciocínio. O primeiro problema foi fruto de pura dificuldade auditiva de minha parte; não lhes passei a palavra porque sequer percebi que haviam falado alguma coisa. O orientador me deu alguns

7 Essa demonstração é feita, por exemplo, em <<https://www.youtube.com/watch?v=axbFo-wsp4g>>.

conselhos para contornar a dificuldade, mas no caso do aluno mais afetado eles não foram necessários: o próprio aluno resolveu a situação ao sentar mais à frente nas aulas seguintes. A segunda deficiência é causada provavelmente por uma ânsia em identificar na fala dos alunos certos pontos considerados mais relevantes, sejam raciocínios corretos ou concepções alternativas. Remediá-la é possível apenas se lembrarmos constantemente de que não devemos interromper a fala dos estudantes quando não é necessário, mesmo que tenhamos algo importante a dizer. Porém, apesar de todas as ressalvas, considero que em geral esta prática foi um sucesso, pois a maioria dos alunos aparentou não apenas ter gostado da aula, mas também aprendido significativamente a partir dela.

Eu esqueci de realizar qualquer tipo de chamada, mas posteriormente descobri que o professor X havia anotado o número de alunos presentes: 17. No mesmo dia, fui informado de que no final de semana anterior a escola havia sido invadida por ladrões, que além de arrombar muitas portas, roubaram um microscópio e a caixa amplificadora da sala de vídeo. Ou seja, não poderia mais mostrar um vídeo com som, como pretendia fazer na terceira aula. O fato de que o projetor não foi roubado é difícil de entender.

4.3. Aula 3

Data: 30/10/2018

Conteúdo: Densidade / Pressão fluidostática / Lei de Stevin

4.3.1. Plano de Aula

Objetivos de ensino:

- Definir o conceito de massa específica e o conceito de densidade (como propriedade de uma substância);
- Introduzir a Lei de Stevin a partir de exemplos concretos, incluindo demonstrações experimentais;
- Promover discussões entre os alunos e avaliar sua compreensão por meio do Instrução pelos Colegas.

Procedimentos: exposição dialogada com auxílio de projetor, Instrução pelos Colegas e demonstrações experimentais.

Atividade Inicial: Inicialmente, retomar a aula anterior e corrigir o erro relativo às altitudes.

Introduzir, de forma breve e com o auxílio do projetor, os conceitos de densidade e massa específica. A problematização é a famosa frase - “o que pesa mais, 10 kg de chumbo ou 10 kg de algodão?” -, junto a outra versão sua: “o que você preferiria carregar, 10 kg de chumbo ou 10 kg de algodão?”. Enfatizar aspectos matemáticos de conversão de unidades e a possibilidade de se distinguir substâncias por meio de suas densidades. Após essa discussão inicial, exibir um vídeo sobre o experimento conhecido como "barril de Pascal"⁸ e comentar a respeito da exploração de regiões submarinas muito profundas.

Desenvolvimento: Utilizar os materiais como motivação e problematização para o estudo da pressão fluidostática. Retomar a leitura proposta na aula anterior, respondendo a eventuais dúvidas dos alunos. Demonstrar matematicamente que a pressão fluidostática depende da altura da coluna de fluido, mas não de sua massa, e discutir as consequências desse comportamento com auxílio de uma simulação computacional⁹, retomando também o vídeo. Proceder à realização do Instrução pelos Colegas, com dois testes conceituais sucessivos, dadas as devidas explicações para os discentes a respeito do funcionamento do método e uma questão-teste inicial, que tem por objetivo a familiarização com os cartões de resposta. O segundo teste conceitual aborda vasos comunicantes, ensejando pequena demonstração experimental com um sifão e um copo de Pitágoras¹⁰. A problematização que leva ao estudo do sifão é a seguinte: "como se virar durante a greve dos caminhoneiros?".

Fechamento: Encerrar a aula com brevíssima recapitulação e eventual esclarecimento de dúvidas. Indicar os exercícios da lista que podem ser resolvidos a partir dos conhecimentos vistos na aula.

Recursos: computador, projetor, canudos, copos, mangueira, garrafas, cartões de resposta, celular.

Observações: esta aula deverá ocorrer na sala de vídeo da escola.

4.3.2. Relato de Regência

Cheguei à escola com a mesma antecedência das outras vezes. Eu já estava suficientemente familiarizado com a turma e com a sala de vídeo, mas estava preocupado quanto às legendas do vídeo, cuja tradução eu havia feito especialmente para esta aula. Entretanto, dispus de apenas vinte

8 O vídeo está disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=EJHrr21UvY8>>.

9 A simulação computacional está disponível em <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/under-pressure>.

10 Foi construída uma versão caseira, baseada no vídeo disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=T34IRQpdx8s>>.

minutos para utilizar a sala de vídeo antes de minha aula, pois descobri que uma professora utilizaria o local no período anterior ao meu. Nesses vinte minutos pude apenas perceber que as legendas não estavam funcionando, sem conseguir corrigir o problema. Depois, na sala dos professores, tentei em vão encontrar uma solução, manipulando o vídeo e a legenda em meu computador portátil. Também não havia um cabo com o qual eu pudesse conectar meu aparelho diretamente ao projetor da sala de vídeo.

Após as tentativas frustradas, durante o recreio, fui à sala de vídeo para organizá-la e deixar preparados os materiais para a demonstração com o sifão e o copo de Pitágoras. Desta vez resolvi abrir várias das cortinas pretas, para deixar o ambiente mais iluminado.

Com o costumeiro atraso, apesar do aviso dado na semana anterior, os alunos se acomodaram e eu iniciei minha aula. Algumas alunas, um grupo de amigas, fizeram questão de se sentar na frente da sala, pois queriam ver melhor a demonstração experimental que supuseram estar por vir, graças aos materiais dispostos sobre a mesa.

Todavia, logo de início notei algo diferente, cuja causa desconheço. A turma parecia menos animada do que o normal, muitos alunos pareciam cansados e alguns fecharam as cortinas e se puseram a cochilar tão logo adentraram a sala de aula. Quando perguntei a respeito do texto cuja leitura havia sido requisitada na aula anterior, não obtive respostas convincentes. Aparentemente a grande maioria sequer havia passado os olhos sobre as três páginas do livro didático que eu havia disponibilizado no setor de reprografia do colégio e via *WhatsApp*. Fiquei especialmente preocupado com o cenário inicial pois esta provavelmente é a aula mais densa desta unidade didática.

As partes iniciais da exposição dialogada ocorreram relativamente bem, com a correção dos erros da aula anterior e as discussões iniciais sobre densidade. Participaram consideravelmente menos alunos, mas a interação foi produtiva. Entretanto, notei que a maioria dos estudantes estava prestando pouquíssima atenção, especialmente quando entrava em jogo a Matemática - durante o estudo da conversão entre unidades de medida de densidade e de volume. Experimentei, desta vez com bastante intensidade, o já conhecido fenômeno da atenção intermitente dos alunos, que ora pareciam se concentrar, ora manuseavam o celular, ora cochilavam, ora simplesmente pareciam distraídos.

Pensei em tentar recuperar a atenção da turma aumentando o tom de voz, falando com mais entusiasmo, indagando-os de forma mais incisiva, tentando fazê-los participar. Entretanto fui incapaz de fazê-lo, pois naquele dia eu também não estava em um estado de espírito particularmente bom: não havia dormido bem na noite anterior e ainda estava razoavelmente chateado por conta do resultado das eleições presidenciais do Brasil. Perguntei-me se a impressão que estava tendo da

turma não era, na verdade, resultado de minha própria indisposição naquele momento. Logo concluí que este provavelmente foi um fator agravante, mas não único: muitos alunos estavam dispersos desde o começo, após poucos minutos ou mesmo antes do início da aula!

Como não havia caixa de som nem legendas, optei por mostrar apenas um pequeno trecho do vídeo sobre o barril de Pascal, narrando por conta própria o que acontecia. Apesar de minha explanação detalhada, muitos alunos pareciam não entender bem o experimento (não me refiro ao seu princípio de funcionamento, o qual naturalmente seria abordado depois, mas às próprias características do arranjo experimental). Alguns estudantes fizeram perguntas, não muito claras ou coerentes, deixando clara a existência de dificuldades. Nesse momento o professor X, com minha permissão, procurou brevemente sanar as dúvidas à sua maneira. Curiosamente, vários alunos que estavam distraídos voltaram a prestar atenção durante a fala dele, mas a maioria pareceu continuar sem entender. Insisti e procurei fornecer novas explicações, perguntando ao final se os estudantes haviam entendido ou não. Enquanto até então eu sempre tinha recebido respostas afirmativas ou negativas, ao menos dos alunos mais participativos, desta vez o resultado foi a ausência quase completa de reações, acompanhada apenas de alguns tímidos e pouco convincentes acenos afirmativos com a cabeça. Impossível não lembrar das inúmeras cenas semelhantes que vivenciei como aluno no Ensino Superior!

Infelizmente, o recurso que deveria ser um importante elemento de motivação acabou se tornando um empecilho. A ideia era mostrar um experimento contraintuitivo, talvez até um pouco chocante, que motivasse e despertasse a curiosidade com relação ao seu mecanismo de funcionamento. Todavia, a reação foi de indiferença associada à dificuldade de entendimento. Sinto-me bastante frustrado, até porque consigo realizar essa explicação com menos de duas linhas: trata-se apenas do rompimento de um vaso d'água, o qual estava conectado a uma mangueira, também com água, que ia até o topo de um prédio.

De qualquer forma, me vi obrigado a continuar a aula, e a sequência era uma demonstração matemática da Lei de Stevin. Antes do início dos períodos eu estava bastante confiante quanto a ela, apesar de os conhecimentos matemáticos do alunado, em geral, não serem especialmente sólidos. Isso porque eu havia preparado a demonstração com bastante critério, passo a passo. Havia preparado também explicações alternativas para cada uma das etapas, caso a dita inicialmente não fosse suficiente. Entretanto, a presença de cálculos dispersou ainda mais os estudantes, e pouquíssimos acompanharam o raciocínio. Pouco depois do fim da demonstração, um discente começou a fazer uma série de perguntas a seu respeito, várias relativas à sua parte inicial. Como notei que ele realmente estava interessado e fazendo diversas anotações, não hesitei em retomar com calma vários trechos do cálculo. Algumas das dúvidas não eram muito coerentes e/ou

demonstravam concepções alternativas e, em especial, comecei a pensar se os alunos foram (ou poderiam ter sido) capazes de entender a ideia de demonstração, de justificação matemática de uma equação a partir de certas premissas. Possivelmente, até o momento as leis físicas foram sempre mostradas a eles como resultados acabados, sem justificações mais elaboradas.

Como já seria previsível, o desinteresse só aumentou após a demonstração matemática. Nessa altura, a maioria da turma dormia ou prestava atenção raramente, de maneira oscilante. Por três vezes alguém fez certa pergunta e, em vez de ouvir minha resposta, imediatamente voltou-se ao celular ou passou a conversar com alguém. Nem mesmo nas próprias perguntas estavam interessados? Por que perguntar, então? Novamente, assim como na segunda aula, perguntei-me se deveria ser mais severo e reprimir esse comportamento com uma dose de veemência. Fazer um pedido a uma pessoa e depois ignorá-la enquanto ela tenta atender ao pedido é demonstrar falta de respeito, seja em uma sala de aula, seja em uma conversa cotidiana qualquer. Entretanto, em todas essas ocasiões apenas chamei a atenção em tom ameno.

Outro fato curioso são duas interrupções feitas por um aluno, as quais narro a seguir. Após levantar o braço, como se fosse comentar acerca de alguma parte do conteúdo, simplesmente usou a palavra para dizer uma piadinha relativa a um colega. Não se tratava propriamente de *bullying*, pois ambos eram claramente amigos e trocavam pequenas chacotas entre si de tempos em tempos. Eis, então, mais uma evidência de que eu não fui bem-sucedido em prender a atenção dos estudantes e engajá-los na aula. Tal atitude é também, do meu ponto de vista, falta de respeito, mas novamente não repreendi de maneira incisiva.

A utilização da simulação computacional não foi muito produtiva pois houve mais um percalço, além dos já citados. O computador ficava nos fundos da sala, e eu tive de me deslocar até lá para controlar a simulação (durante as exposições, ao contrário, bastava um controle remoto). Ou seja, tive de realizar as explanações com os alunos de costas para mim, enquanto olhavam (ou deveriam olhar) o que se passava na tela. Além disso, por conta de meus problemas de visão e pelo fato de o foco do projetor estar levemente desajustado, eu não conseguia facilmente utilizar o *software*. Apesar de meus esforços, a interação com os alunos nesse momento foi praticamente inexistente. Ou seja, trata-se de mais um segmento malsucedido da aula, em que me senti praticamente falando sozinho.

Olhei para o relógio e percebi que não haveria tempo para realizar tudo o que havia planejado. Entretanto, em vez de continuar até o final do período, deixando para depois ou mesmo abrindo mão do que faltasse, decidi simplesmente não realizar a atividade de Instrução pelos Colegas. A decisão foi tomada durante a aula, sem muita possibilidade de reflexão. Por um lado, a atividade era uma parte importantíssima, dadas as suas potencialidades, já descritas na

fundamentação teórica do presente trabalho. Por outro lado, o marasmo presente na sala de aula certamente não criava um ambiente favorável à prática; o presumivelmente parco aprendizado do conteúdo em questão, ainda menos. Acredito que foi uma decisão acertada, embora frustrante.

Em contrapartida, houve tempo para realizar as demonstrações experimentais, que costumam chamar a atenção dos alunos. O sifão e o copo de Pitágoras de fato geraram um certo interesse, despertando vários alunos que estavam dispersos durante a maior parte do tempo. Mesmo durante as explicações que antecederam os experimentos os estudantes se engajaram e interagiram comigo razoavelmente, assim que perceberam a relação da exposição com a prática vindoura. Todavia, as discussões com os discentes a respeito do funcionamento do sifão não foram muito produtivas: notei presença marcante de concepções alternativas e grande dificuldade em relacionar os conceitos recém-abordados à sua aplicação no sifão. É um resultado natural, considerando o percurso da aula até então.

O último segmento da aula consistiu em indagar os alunos acerca do funcionamento do copo de Pitágoras. O fato de que ninguém sequer chegou perto de identificá-lo com um sifão, mesmo que o tema tenha sido discutido minutos atrás, e os dois períodos inteiros tenham sido dedicados a temas afins, é apenas mais um sinal de meu insucesso nesta ocasião. Após o término de minha fala, porém, surgiu uma grata surpresa: um aluno fez uma pergunta relevante a respeito de um problema da lista de exercícios, e pude ver que ele estava, até então, fazendo-a gradualmente (conforme minha orientação).

Certamente há muitos motivos que tornaram esta aula péssima, e é difícil analisar todos e ponderar as suas relevâncias relativas. Alguns deles são fatores contingentes, sobre os quais não se tem controle absoluto - é o caso dos humores meu e dos alunos. Há também diversas falhas de planejamento, e deficiências nas minhas concepções, as quais o embasaram. Por exemplo, uma estratégia possivelmente mais produtiva seria investir em uma justificação conceitual da Lei de Stevin, em vez de uma demonstração matemática formal.

Outro grande problema foi o dimensionamento temporal da aula. Anteriormente eu já havia me preocupado com sua duração, mas em vez de realizar os cortes necessários, apenas mudei a ordem de alguns segmentos, em relação ao esboço inicial. O resultado foi uma aula muito densa, que não pôde ser aplicada conforme o plano e que foi excessivamente cansativa para os alunos. Os elementos motivacionais e diferenciados da aula, em vez de trunfos, tornaram-se quase empecilhos. Basicamente, faltou preparo quanto à sua utilização (problema especialmente verdadeiro nos casos do vídeo e da simulação computacional) e tempo hábil para que cada etapa fosse abordada com a calma necessária. A diversidade metodológica é altamente recomendável no contexto de uma unidade didática de vários períodos, mas deve ser usada com parcimônia e cuidado quando se trata

de uma única aula.

Desta vez compareceram 15 alunos, conforme lista assinada por cada um deles. Ou seja, dois alunos a menos do que nas oportunidades anteriores.

4.4. Aula 4

Data: 06/11/2018

Conteúdo: Lei de Stevin / Princípio de Pascal

4.4.1. Plano de Aula

Objetivos de ensino:

- Exemplificar o uso quantitativo da Lei de Stevin na resolução de problemas;
- Apresentar a prensa hidráulica, o ludião e seus princípios de funcionamento, relacionando-os ao Princípio de Pascal.

Procedimentos: exposição dialogada com auxílio do quadro-negro e demonstração experimental.

Atividade Inicial: Responder a dúvidas da turma e resolver dois exercícios no quadro, aliando explicações conceituais aos cálculos. Um exercício abordará o "experimento de Torricelli" (barômetro de mercúrio) e o outro envolverá vasos comunicantes.

Desenvolvimento: Novamente por meio de exposição dialogada, apresentar a prensa hidráulica e seu uso como multiplicador de forças. Após uma exemplificação com uma estimativa numérica, indagar os alunos acerca de seu princípio de funcionamento. Enunciar o Princípio de Pascal e fornecer outros exemplos de sua aplicação. Posteriormente, mostrar um ludião¹¹ à turma pedir aos discentes uma explicação a respeito, discutindo o assunto.

Fechamento: Encerrar a aula com brevíssima recapitulação e eventual esclarecimento de dúvidas. Indicar os exercícios da lista que podem ser resolvidos a partir dos conhecimentos vistos na aula. Indicar páginas do livro didático para leitura até a aula seguinte, pedindo também que anotem suas dúvidas. Enfatizar a relação do próximo conteúdo (empuxo) com a demonstração experimental vista e o funcionamento dos submarinos em geral.

Recursos: ludião e quadro-negro.

11 Uma demonstração do ludião pode ser encontrada em <<https://www.youtube.com/watch?v=R6XCLdEEj0c>>.

4.4.2. Relato de Regência

Esta aula é provavelmente a mais tradicional e menos ambiciosa desta unidade didática. Não julguei necessário chegar com grande antecedência, pois neste caso nada exigia preparo especial. Passados os minutos de atraso "estrutural", a aula iniciou-se normalmente.

Minha primeira atitude foi utilizar os primeiros dez minutos para recapitular o conteúdo da semana anterior. Escrevi a Lei de Stevin no quadro, detalhando o que cada letra da equação representa e discutindo conceitualmente as suas consequências mais importantes, em conexão com os exemplos fornecidos na aula anterior.

Na sequência, abordei o barômetro de Torricelli. Após explicar o arranjo experimental, perguntei aos alunos: o que acontece logo após o emborcamento da proveta cheia de mercúrio? Nada acontece ou o mercúrio extravasa para a bacia? Se o mercúrio extravasa, o faz completamente ou só até um certo limite? Muitos estudantes não entenderam a pergunta de imediato, e tive de enunciá-la várias vezes, buscando formulações alternativas que facilitassem o entendimento. Após essas dúvidas terem sido dirimidas, começou uma pequena discussão a respeito da pergunta. Houve bom engajamento, com uma quantidade significativa de alunos participantes, mas o debate não foi especialmente profícuo. Na verdade, a palavra "apostas" descreve melhor o ocorrido do que a palavra "debate", pois em geral os alunos não quiseram, ou não conseguiram, verbalizar argumentos que justificassem a sua opinião. Não houve um intercâmbio de argumentos que pudesse culminar em um consenso ou em um contraponto, e em pouco tempo surgiram, por parte de muitos, insistentes pedidos: "tá, professor, já chega, diz logo qual a resposta!". Depois de tentar insistir mais um pouco, dei continuidade à aula.

Foi só durante a minha exposição que percebi não haver escolhido a melhor abordagem possível. Em vez de calcular a pressão atmosférica, usei-a como dado, juntamente à densidade do mercúrio e à aceleração da gravidade, para obter a altura da coluna de mercúrio. Evidentemente, seria mais interessante usar a pressão atmosférica como incógnita e tomar a altura da coluna de mercúrio como dado conhecido. Um aluno em especial se manifestou e se mostrou um pouco confuso justamente por causa disso, pois esperava a obtenção da pressão atmosférica como resposta final. Procurei mostrar a todos que a equação possuía quatro variáveis e que poderíamos descobrir qualquer uma delas para uma dada situação, desde que as outras três fossem conhecidas. Expliquei com calma, e os discentes que prestavam atenção pareceram compreender (em especial o que havia se manifestado).

Durante este primeiro período de aula, mais da metade da turma manteve-se compenetrada, enquanto uma minoria mantinha o comportamento de atenção intermitente. O engajamento foi

intermediário entre a segunda e a terceira aula. Identifiquei um fenômeno curioso: houve muitas perguntas sobre coisas que haviam sido ditas ou escritas muito pouco tempo antes de a pergunta ser feita. Por exemplo, uma aluna perguntou sistematicamente acerca dos significados das letras na Lei de Stevin, apesar de ter sido justamente esse o enfoque da minha fala, feita alguns segundos antes! Especialmente inusitada foi a questão sobre o significado de "pátimo" (p_{atm}). Outros alunos também fizeram o mesmo ao longo da abordagem do barômetro de Torricelli. Em alguns momentos a situação chegou a ser digna de um esquete humorístico, mas mantive a tranquilidade e forneci as explicações reiteradamente, sem demonstrar insatisfação ou fazer represálias. Novamente tive dúvidas sobre a importância ou necessidade de uma reclamação mais contundente. É uma faca de dois gumes: enquanto uma repreensão pode levar o aluno a se esforçar mais para manter a atenção, também pode corroer sua vontade de fazer perguntas, a qual eu me esforço para cultivar. Esse tipo de questões foi um comportamento novo, talvez não vivenciado por mim anteriormente porque essa foi a primeira aula do período de regência em que utilizei o quadro-negro. Interpreto-a como fruto direto de uma dificuldade de prestar atenção continuamente, sem interstícios de distração.

Uma vez que já havia se passado um período inteiro, decidi deixar o exercício sobre vasos comunicantes para depois e iniciar a discussão sobre a prensa hidráulica. Com essa manobra perdi a possibilidade de introduzir a prensa fazendo analogias com o sistema de vasos comunicantes, mas ela foi necessária, pois o Princípio de Pascal era o assunto mais relevante da aula.

Neste momento dois alunos, um pouco após o outro, saíram da sala para supostamente ir ao banheiro. Entretanto, eles retornaram apenas quando o período já estava próximo de seu fim, ou seja, cabularam. Seguindo minha tendência de não xingar ou repreender, não fiz qualquer represália quando eles voltaram. Desta vez, entretanto, minha reflexão posterior me levou a acreditar não ter feito a melhor escolha: a contravenção deveria ter sido ao menos registrada de alguma forma. Reconheço que muitas vezes a impunidade é um convite à repetição de uma infração. Embora eu em geral não goste dos mecanismos escolares de punição, pois os vejo como remediação em um ambiente onde a prevenção é obviamente o caminho mais adequado, em alguns momentos eles são necessários.

Enfim, iniciei minha exposição a respeito da prensa hidráulica, explicando sua estrutura básica, os equipamentos que funcionam de maneira semelhante e sua utilidade como multiplicadora de força. As tentativas de dialogar com a turma, com o objetivo de buscar em conjunto uma elucidação do mecanismo de funcionamento da prensa, não foram muito frutíferas. Novamente, em vez de ideias, argumentos ou esboços de pensamento, recebi mormente protestos: "Chega, professor! Diz logo como funciona!". Tentei instigar os alunos por meio de dicas e da formulação de outras perguntas, mas não obtive sucesso. Entretanto, parte razoável da turma se manteve

compenetrada e recebeu bem minha explanação, na qual relembrei os multiplicadores de força estudados anteriormente (polias associadas e alavancas), comentei sobre os motivos pelos quais esses equipamentos não violam a conservação de energia e introduzi o Princípio de Pascal, enunciando-o e fornecendo mais exemplos de aplicação.

Proseguí então à demonstração com o ludião. Inicialmente eu não expliquei a causa do movimento do "submarino", mas também não utilizei os distratores comumente presentes em números de mágica (como ímãs, lasers etc.). Durante pouco menos de um minuto os alunos ficaram encantados com o aparente mistério, incluindo dois de alguma outra turma, que apareceram e ficaram observando do lado de fora, através da porta aberta. Em breve, porém, um de meus alunos percebeu o truque e o revelou em voz alta.

Indaguei então a respeito do porquê de o "submarino" descer quando a garrafa é apertada. Foi necessário insistir na pergunta, pois a maioria da turma parecia satisfeita com a informação de que bastava pressionar a garrafa para observar o efeito, mesmo sem um detalhamento sobre como ocorre o processo. Surgiram algumas ideias esparsas, mas em linha geral ocorreu o mesmo fenômeno presente em outros momentos desta aula: os alunos não se dispuseram muito a pensar mais longamente a respeito do problema, pedindo uma resposta pronta e rapidamente desistindo de se aproximar dela por conta própria. Mais uma vez, então, forneci minha explicação, sem ter conseguido suscitar um debate precedente.

Ainda restavam dez minutos para o término da aula, e os utilizei para resolver o exercício sobre vasos comunicantes, que havia deixado de lado. Infelizmente, porém, não consegui concluí-lo, postergando-o para a aula seguinte. Informei os alunos a respeito da tarefa de leitura para a semana seguinte e dei as atividades por encerradas. O professor X anotou as presenças e constatou que 17 alunos estiveram presentes (contando os dois alunos que cabularam durante quase metade da aula).

Como relatado, o envolvimento da turma desta vez foi bem melhor do que na terceira aula, com a participação da maioria do alunado. Entretanto, uma minoria considerável manteve-se distraída durante a maior parte do tempo. Nesta aula foi marcante a dificuldade em estabelecer diálogos com os alunos a partir de indagações sobre o conteúdo. A reação mais comum, de somente pedir a resposta pronta, indica falta de interesse pelo processo de construção do conhecimento, bem como as dúvidas sobre o que acabou de ser dito indicam falta de atenção. Dizendo de outra forma, houve uma falta de predisposição a aprender significativamente. Para esse problema contribuem também as maneiras pelas quais busquei fazer as abordagens, que não se mostraram suficientemente chamativas, sem evidenciar uma conexão potencial com os conhecimentos prévios dos estudantes.

4.5. Aula 5

Data: 13/11/2018

Conteúdo: Princípio de Arquimedes

4.5.1. Plano de Aula

Objetivos de ensino:

- Após problematização, explicar o Princípio de Arquimedes e relacioná-lo a fenômenos do cotidiano;
- Explicar, com exemplos da vida real, a relação entre densidade e flutuabilidade dos corpos;
- Promover discussões entre os alunos e avaliar sua compreensão por meio do Instrução pelos Colegas.

Procedimentos: exposição dialogada com auxílio do quadro-negro e Instrução pelos Colegas.

Atividade Inicial: retomar o exercício que não foi completado na aula anterior e recapitular brevemente o que foi visto na unidade didática até então.

Desenvolvimento: retomando a leitura solicitada na aula anterior, pedir aos alunos que deem sua opinião a respeito de dois questionamentos: sobre o motivo que faz alguns corpos flutuarem e outros afundarem na água e sobre a razão de os icebergs sempre apresentarem apenas uma pequena fração de si fora da água, representando risco importante para os navios. Explicar a força de empuxo, inicialmente de forma qualitativa e depois de forma quantitativa, por meio do Princípio de Arquimedes. Realizar atividades de Instrução pelos Colegas relacionadas ao tema da aula¹². Nesta aula as perguntas serão entregues aos alunos por meio de folhas de papel com várias questões, uma vez que a sala de vídeo não será utilizada. A ordem das questões na folha deve ser diferente da ordem de aplicação, para evitar que os alunos as tentem resolver antes do momento adequado.

Fechamento: Encerrar a aula com uma recapitulação de cada um dos testes conceituais e eventual esclarecimento de dúvidas. Indicar os exercícios da lista que podem ser resolvidos a partir dos conhecimentos vistos na aula.

Recursos: quadro-negro, listas de questões, cartões de resposta, celular.

¹² As questões da atividade (à exceção de 1 e 3) foram retiradas ou adaptadas de Giancoli (2005) e de Fontana e Capua (2005).

4.5.2. Relato de Regência

Novamente não foi necessário chegar à escola com grande antecedência, pois eu já havia ensaiado o uso do celular e dos cartões de resposta anteriormente. Todavia a aula teve início ainda mais tarde do que de costume, pois houve um atraso na entrega da merenda aos alunos e por conta disso o recreio foi prolongado extraoficialmente.

Comecei as atividades fazendo um breve resumo de nossas aulas até então, recapitulando os pontos-chave de cada aula e escrevendo as principais equações no quadro. Logo em seguida procedi à retomada do exercício sobre vasos comunicantes, que havia ficado pendente na aula anterior. Assim como na aula anterior, me esforçava bastante para realizar as explicações da melhor maneira possível - dar uma aula expositiva usando o quadro-negro é praticamente uma arte, pois é necessária muita sensibilidade para intercalar e mesclar fala e escrita em um ritmo adequado, também evitando falar de costas para a turma. Entretanto, subitamente fui interrompido pelo professor X, que pela primeira vez desde o início da minha regência havia decidido realizar a chamada em voz alta. Não soube muito bem como reagir e me vi em uma situação embaraçosa. Eu realmente não gostaria de ser interrompido naquele momento, pois tinha consciência de que essa revisão inicial já estava ocupando um tempo importante, com risco de comprometer (novamente!) a atividade de Instrução pelos Colegas. Resultado: retomei a explicação após a interrupção inicial, e o professor X também não cedeu, chamando os nomes durante meus períodos de silêncio, quando escrevia no quadro. Imagino que o resultado dessa estranha sobreposição não tenha sido agradável para os alunos.

De qualquer forma, consegui concluir este primeiro segmento da aula em um tempo adequado. Até este momento a atenção da turma era aceitável, semelhante à observada na semana anterior. Prossegui então à compacta exposição sobre o Princípio de Arquimedes, que é efetivamente a parte inicial do Instrução pelos Colegas. Assim como na aula 3, logo notei que a grande maioria da turma não havia feito a leitura solicitada na semana anterior. Olhando retrospectivamente, reparo que deveria ter pensado em uma estratégia alternativa após o primeiro insucesso, em vez de insistir no mesmo tipo de tarefa de leitura.

Na versão inicial do plano de ensino desta aula a forma de abordar o Princípio de Arquimedes era muito diferente daquela da versão final. A minha primeira ideia era demonstrar matematicamente o Princípio de Arquimedes a partir da Lei de Stevin, associando fortemente a explicação aos conhecimentos de pressão fluidostática já abordados. Entretanto, por causa das experiências negativas com demonstrações matemáticas (em especial na terceira aula) e dos conselhos de meus colegas, os quais assistiram à minha apresentação em formato de microepisódio, resolvi desistir da proposta inicial e substituí-la por um caminho mais simples e mais conceitual,

ênfatizando os aspectos fenomenológicos do assunto e a comparação entre peso e empuxo, evidenciando a relação da densidade com a fluabilidade dos corpos. Por fim, busquei esclarecer a distinção entre densidade e massa específica e a relação entre a fração submersa de um corpo flutuante e a proporção entre sua densidade e a densidade do fluido em questão, exemplificando esta última com o caso de um pedaço de gelo que flutua na água.

Apesar do considerável aperfeiçoamento feito nesse trecho da aula, percebi na turma uma perda de atenção gradual. Aos poucos, mais e mais alunos foram se dispersando e menos alunos buscavam responder às minhas esporádicas indagações, de forma que ao final da exposição poucos se mostravam realmente compenetrados. Ou seja, novamente minha aula expositiva não surtiu os efeitos esperados.

Por volta deste momento da aula dois alunos foram, supostamente, ao banheiro. Entretanto, a demora foi muito grande, tal qual na aula anterior. Novamente cabularam no segundo período, e é possível que mais algum(ns) discente(s) tenha(m) se juntado a eles, pois estive menos atento às saídas ao banheiro enquanto estava mediando as atividades de Instrução pelos Colegas. O aplicativo *Plickers* indicou um mínimo de 10 respondentes em alguns momentos, mas algumas respostas podem não ter sido computadas por dificuldades de leitura (o número de presentes segundo a chamada do professor X é de 15 alunos). Havia também um aluno que dormiu durante quase todos os dois períodos, não tendo participado da atividade.

Dei início ao Instrução pelos Colegas propriamente dito, explicando os procedimentos e distribuindo os cartões de resposta e as listas de perguntas. Não houve nenhum problema com o sistema *Plickers*, e a questão-teste foi aplicada tranquilamente. Escolhi como primeiro teste conceitual a questão de número 6 (vide Apêndice C). Após certificar-me de que todos haviam entendido bem o enunciado, dei início ao período de resolução individual. Depois de aproximadamente dois minutos, foi realizada a votação e o resultado não foi dos melhores: 30% de acertos. Este percentual é comumente considerado como o mínimo necessário para que se prossiga à etapa de discussão entre os estudantes, e por isso pedi aos estudantes que encontrassem algum colega que havia respondido de maneira diferente e que tentassem convencê-lo a mudar de ideia.

Houve uma certa resistência ao diálogo com os colegas. Muitos esperavam que eu fornecesse a resposta correta logo após a votação, e sentiram-se decepcionados ao perceber que deveriam continuar trabalhando sobre o mesmo teste (tal comportamento lembrou muito os ocorridos da quarta aula). Além disso, era clara uma certa aversão à própria ideia de conversar com os colegas sobre o conteúdo. Eu sugeri e insisti muitas vezes para que se levantassem, caminhassem pela sala e debatessem com alguém de opinião diferente. Todavia, ninguém se levantou, todos se contentaram em conversar (em geral, pouco!) somente com os colegas sentados nos lugares mais

próximos (este comportamento se manteve também com os outros testes). Foi uma situação muito semelhante à tentativa frustrada de realizar uma prática em grupos na primeira aula. Considero muito provável que, caso o método Instrução pelos Colegas não tivesse uma estrutura bem definida de operação, o final dessa experiência seria semelhante ao insucesso do início da unidade didática: eu acabaria simplesmente revelando as respostas aos alunos...

Apesar de precárias, as discussões existiram. As que eu escutei, no entanto, não foram muito prolíficas. Várias pessoas preferiram a letra A, argumentando que "na Lua a gravidade é menor", ou mesmo que "não existe gravidade na Lua". Achei por bem intervir e explicar a incorreção desta última frase a quem a havia dito. De qualquer forma, ambos os argumentos não consideram o essencial: também o empuxo depende da aceleração gravitacional, como eu havia tentado explicar poucos minutos atrás. Infelizmente não consegui escutar as argumentações dos alunos que haviam selecionado a resposta correta. O resultado da segunda votação foi um tanto curioso: exatamente igual ao primeiro, em termos percentuais. É possível, porém, que algumas pessoas tenham mudado sua resposta sem que isso acarretasse em uma mudança nos números totais da turma (por exemplo, uma pessoa pode ter migrado de A para B e outra de B para A).

Sugeri que alguns alunos compartilhassem com o grande grupo os pensamentos que os levaram a selecionar esta ou aquela alternativa. Meu pedido foi atendido, mas os resultados não foram muito promissores e decidi não tentar promover uma discussão no grande grupo com base neles. Quando enfim revelei a alternativa correta e sua razão de ser, a maioria dos alunos estava focada. Porém, a sensação que eu percebia neles não era exatamente aquela pequena satisfação de ter uma dúvida sanada, mas uma espécie de alívio após o fim de uma tarefa desagradável.

Alterando a ordem pensada anteriormente, decidi na sequência abordar o teste de número 2, por julgá-lo mais fácil. Durante a leitura e elucidação do enunciado, tive de realizar um desenho no quadro-negro para facilitar o entendimento. Já neste momento percebi que meu julgamento fora completamente errôneo. Para meu espanto, descobri que alguns alunos não sabiam o que era um balão de hélio (aparentemente eles sabiam da existência de "um balão que sobe", mas não do nome "balão de hélio"). Na verdade, logo ficou claro que esses e mais alguns alunos acreditavam, ou entenderam a partir da minha fala, que "hélio" era o nome desse "tipo" de balão. Chocado, me esforcei para explicar da melhor maneira possível que hélio era, na verdade, um gás menos denso do que o ar, usado para encher os balões de festa que tendem a subir. Atribuí então essa sua tendência a ascender ao fato de seu peso ser menor do que o empuxo causado pelo ar ao seu redor (ainda pergunto-me sobre como esses estudantes explicariam o fenômeno). Inconscientemente eu admiti que esses conhecimentos prévios eram compartilhados por todos, e essa suposição se mostrou equivocada. Os alunos pareciam ao menos concordar com a consistência do raciocínio

apresentado, mas estava claro que precisariam de mais tempo e discussão para realmente assimilar essa nova forma de interpretar o fenômeno. Minhas expectativas quanto às respostas do teste conceitual tornaram-se baixíssimas.

Após ter remediado a situação da forma que cri possível no momento, prossegui com o Instrução pelos Colegas, dando início ao momento de pensamento individual. Alguns alunos começaram a cochichar entre si antes do que deviam, e foi muito difícil coibir esse comportamento (reincidente). A votação subsequente revelou um resultado com menos de 30% de acertos.

Com um percentual tão baixo de respostas corretas, não há condições adequadas para os intercâmbios entre os discentes. Portanto, decidi apenas conversar sobre a resolução certa. Antes disso resolvi repetir a ideia de convidar os estudantes a expor seus argumentos para a turma. Surgiu então uma gratíssima surpresa: um aluno explicou a questão magistralmente, comparando a situação do balão de hélio num pote com hélio com a situação de um balão "comum", soprado por uma pessoa e solto ao ar livre. A recepção da resposta foi boa e sequer foi necessário fazer mais divagações a respeito.

A questão seguinte foi a de número 5. Novamente foi necessário fazer desenhos para tornar claro o enunciado, mas não houve maiores dificuldades. Após os procedimentos tradicionais, a primeira votação indicou um percentual pouco acima de 30%, levando ao subsequente método Instrução pelos Colegas propriamente dito. Cabe ressaltar que também nesse teste foi difícil evitar a comunicação entre os alunos durante a primeira etapa.

Não pude acompanhar as conversas de perto, pois meu celular travou e eu utilizei esse tempo para tentar colocá-lo novamente em funcionamento (com sucesso). Dessa vez o percentual de acerto foi de 50%, mas, com 12 respondentes, isso significa que apenas duas pessoas migraram de uma resposta errada para a certa. Como restava pouco tempo, rapidamente expliquei o raciocínio correto e encerrei a aula.

Como se nota, nesta aula praticamente não foi observado o aspecto mais interessante do Instrução pelos Colegas, qual seja, o grande deslocamento de respostas erradas para a resposta certa causado pela discussão, graças à argumentação eficaz dos que já resolveram o teste acertadamente desde o início. Em parte a inusitada falta de tendência a conversar com os colegas é responsável por esse revés, mas não é a única causa, nem a mais importante.

Já durante a apresentação como microepisódio meus colegas me alertaram a respeito da dificuldade excessiva das questões. Porém, decidi não alterá-las por uma série de motivos. Primeiramente porque o Instrução pelos Colegas tende a funcionar melhor a partir de testes com certo grau de desafio, que gerem argumentações conflitantes na turma. Não deve ser possível resolvê-lo com a mera aplicação direta de uma fórmula ou com a mera lembrança de uma

informação fornecida pelo professor, afinal um exercício assim jamais ocasionaria um debate. Esse trejeito leva ao segundo motivo: Ausubel assinalou a importância de exercícios que envolvam a articulação de vários conhecimentos, em contextos diferentes daqueles em que foram aprendidos, para evidenciar a aprendizagem significativa.

Mas há uma importante ressalva: enquanto a resolução bem-sucedida de desafios como esses evidencia aprendizagem significativa, a falha não necessariamente indica ausência dela, pois as dificuldades podem ter surgido justamente por causa de deficiências nos outros conhecimentos que eram necessários para a resolução da tarefa, ou nas conexões a eles concernentes.

Adicionalmente, a explanação inicial, bem como a estratégia de utilizar uma tarefa de leitura, se mostrou repleta de imperfeições e não preparou o alunado bem o bastante para responder às questões, de fato demasiadamente difíceis (dado o contexto). Idealmente, seria necessário encontrar uma tarefa prévia que despertasse o interesse dos estudantes, ou elaborar um método adequado de estimulá-los nesse sentido (o atalho mais simples seria torná-la parte da avaliação). Provavelmente não seria má ideia desistir da abordagem em uma única aula, e propor o Instrução pelos Colegas após pelo menos uma aula inteira dedicada ao assunto em questão.

4.6. Aula 6

Data: 20/11/2018

Conteúdo: Arquimedes e a coroa do rei

4.6.1. Plano de Aula

Objetivo de ensino:

- Apresentar a lenda de Arquimedes e a coroa segundo as versões de Vitruvius e Galileu, de maneira interativa e ilustrada experimentalmente.

Procedimentos: exposição dialogada com auxílio do projetor e demonstração experimental.

Atividade Inicial: Apresentar aos alunos a lenda de que Arquimedes teria descoberto uma fraude na confecção da coroa de um rei utilizando água. Problematizar a situação, questionando os alunos sobre o que fariam caso tivessem a mesma tarefa de Arquimedes.

Desenvolvimento: Expor a solução de Arquimedes segundo a versão de Vitruvius, questionando-a. Apresentar em seguida a versão de Galileu, demonstrando as ideias essenciais por meio de uma

balança de dois pratos¹³. Essa pequena inserção experimental deve seguir a dinâmica P.O.E. (Predizer, Observar, Explicar).

Fechamento: Encerrar a aula com uma pequena reflexão a respeito dos ensinamentos mais gerais que podem ser obtidos a partir do estudo deste episódio histórico. Realizar breve recapitulação e eventual esclarecimento de dúvidas. Indicar o exercício da lista que pode ser resolvido a partir dos conhecimentos vistos na aula. Lembrar os alunos de que a avaliação final ocorrerá na semana seguinte.

Recursos: projetor, balança de dois pratos, potes com água, materiais de densidades distintas.

Observações: esta aula deverá ocorrer na sala de vídeo da escola.

4.6.2. Relato de Regência

Desta vez cheguei à escola com antecedência de uma hora e meia, pois era necessário deixar minhas projeções prontas para a apresentação e montar o aparato para a demonstração experimental. Teoricamente os equipamentos necessários são muito simples: uma balança de dois pratos, recipiente(s) com água e objetos de mesmo peso e densidades diferentes. No entanto, como surpreendentemente não existia uma balança de dois pratos no acervo do prédio H do Instituto de Física da UFRGS (onde se localizam os laboratórios didáticos), eu e Renato de Souza (servidor do prédio H) criamos, de maneira rápida e improvisada, um sistema capaz de assumir o papel da balança. Uma fotografia do equipamento, montado na sala de vídeo da escola, é apresentada a seguir (Figura 5). Como, infelizmente, a fotografia está um tanto poluída visualmente, também foi aqui reproduzida a imagem (na verdade, originalmente uma animação) que inspirou o arranjo experimental, a Figura 4.

13 As fontes historiográficas consultadas foram Martins (2000), Lucie (2010) e Hoddeson (1972).

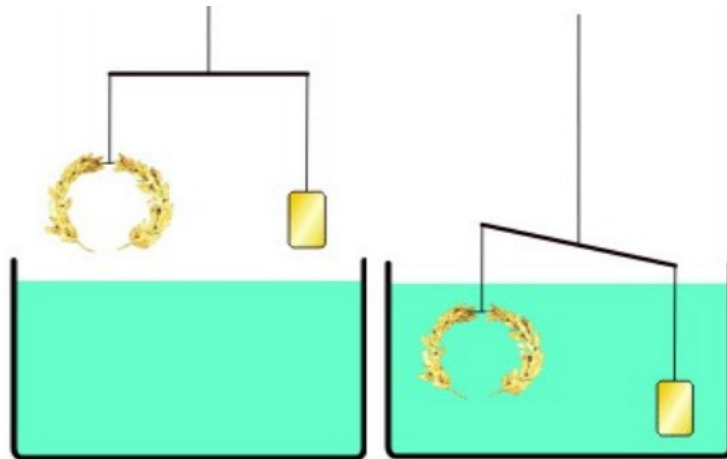


Figura 4: A possível balança de água de Arquimedes. Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archimedes_water_balance.gif>.



Figura 5: A possível balança de água de Arquimedes, construída de maneira improvisada. Um dos objetos é um tarugo de náilon, o outro é um pequeno saco plástico, bem vedado e com muito pouco ar em seu interior, contendo pregos metálicos. O aparato funciona bem, apesar de não ter sido fácil montá-lo na escola. Fonte: acervo pessoal.

O problema, no entanto, é que o mecanismo improvisado acrescentou complexidade ao arranjo, sendo necessária a fixação de grampos, mufas e barras metálicas, além do ajuste delicado com as cordas e a régua (que serve como barra pivotante da balança). O que parecia razoavelmente simples no laboratório se mostrou não tão simples na escola: foram necessários alguns calços para

compensar as irregularidades da classe utilizada e certos truques e paciência para afixar os grampos à classe, tarefa quase inviabilizada pela presença da grade de metal logo abaixo da tábua de madeira. Duas das três cordas antes utilizadas se arrebentaram, e tiveram de ser substituídas. Meus nós inabilmente feitos desataram-se repetidas vezes. Em resumo, consegui terminar a montagem apenas alguns minutos antes do início da aula.

Apesar da tensão anterior à aula, esta fluiu bem em seu início (após o típico atraso). Em pouco tempo já estava indagando os alunos a respeito do que fariam caso recebessem a mesma tarefa de Arquimedes. Logo a densidade foi citada como possível chave para o imbróglio, inicialmente sem uma formulação mais elaborada. Alguns esboços envolviam o derretimento da coroa possivelmente adulterada, e eu tratei de rechaçá-los estabelecendo a restrição de que o rei não gostaria de ter sua coroa destruída, mesmo se fosse falsificada. Foi sugerida também a utilização de algum ácido capaz de corroer metais como a prata, mas inerte quando em contato com o ouro. A ideia é sem dúvida interessante, pois de fato a grande maioria dos ácidos não corrói o ouro, mas ela também foi descartada, pelo mesmo motivo. Aos poucos as falas de cada estudante foram se complementando, culminando na ideia de criar uma réplica da coroa, desta vez garantindo a utilização de ouro puro, e comparar os pesos das duas coroas com uma balança. Fiz ver aos alunos que tal raciocínio era coerente teoricamente: de fato, se as réplicas possuírem o mesmo volume, seus pesos serão diferentes caso tenha ocorrido fraude, pois nesse caso os materiais utilizados são diferentes e têm densidades diferentes. Entretanto, demovi-os dessa estratégia, dizendo que seria muito difícil criar uma réplica com a precisão necessária para investigar a possível adulteração, ainda mais na época em questão.

A exposição continuou sem problemas, com a abordagem do método utilizado por Arquimedes segundo a versão de Vitruvius. Por conta de uma ida ao banheiro (esta verdadeira!), um aluno perdeu parte da narração e acabou perguntando algo cuja resposta estava no que eu havia acabado de dizer. Dessa vez, ao contrário da quarta aula, vários alunos protestaram contra a repetição da explicação: já haviam entendido, e talvez estivessem curiosos pela continuação. Evidentemente não levei os protestos a sério e repeti a explicação. O aluno compreendeu o tópico antes do término de minha redarguição.

Pouco tempo depois um aluno, pela terceira vez, cabulou sob o pretexto de ir ao banheiro. Desta vez, porém, a saída durou cerca de vinte minutos, e não o período inteiro. Como comentado no relato da quarta aula, a impunidade pode ser um convite à reincidência.

Logo chegou o momento da atividade experimental. Como dito no plano de ensino, a atividade não consistia apenas em demonstrar o que ocorria à balança equilibrada quando os objetos eram mergulhados em água: solicitei que previssem o resultado anteriormente, para que só depois

observassem a demonstração, e posteriormente explicassem o ocorrido, relacionando-o às suas expectativas. Tal sequência (predizer, observar, explicar - POE) tem por objetivo principal propiciar uma participação mais ativa dos alunos em situações como essa. A estratégia e o conceito originais foram desenvolvidos para o uso de simulações computacionais (TAO; GUNSTONE, 1999), mas já existem exemplos de adaptação ao uso de demonstrações experimentais (vide SCHWAHN et al., 2007). A estratégia POE não foi discutida na segunda seção do presente trabalho pois foi utilizada apenas neste fragmento desta aula, e porque de minha parte não houve maiores aprofundamentos sobre o tema.

Enfim, indaguei os discentes a respeito do que ocorreria quando os objetos presos à balança fossem imersos, ou seja, solicitei previsões. A maioria dos estudantes que participaram da discussão realizou corretamente a previsão, e houve argumentos bem estruturados. Dois alunos, que inicialmente haviam imaginado que nada aconteceria, em pouco tempo mudaram de opinião em favor da previsão correta, graças à argumentação dos colegas. Realizei então a demonstração e corroborei as expectativas dos alunos. Como todos os participantes haviam concordado com a resposta, resolvendo bem o problema e fornecendo boa justificativa, fiquei satisfeito e não prolonguei muito a etapa de explicações, afinal, elas já haviam sido dadas.

Infelizmente, porém, a forma como organizei a aula não prendeu tão bem a atenção dos alunos nos momentos finais. A ideia era abordar o método quantitativo proposto por Galileu em seu texto "La Bilancetta" (A Balancinha), que Arquimedes poderia ter utilizado para estimar quantitativamente a porcentagem de prata na liga da coroa adulterada. O cerne da estratégia, porém, é o mesmo da demonstração feita antes: utilizar o empuxo para indiretamente comparar densidades. Dessa forma, a sensação de que o problema já estava respondido, o cansaço acumulado ao longo da aula e a aversão à Matemática fizeram com que a desatenção crescesse nesse momento da aula. Reconheço, também, que minha abordagem poderia ter sido mais polida, mais simplificada.

Em verdade, desta vez a participação dos alunos foi boa, com contribuições pertinentes, mas o número de participantes não foi muito grande, isto é, cerca de metade da turma não se manifestou em nenhum momento. Mais uma vez a sala de vídeo estava com uma iluminação ambiente mais tênue do que eu gostaria, e houve alunos sentados ao fundo da sala que cochilaram de tempos em tempos. É lamentável que o último segmento da aula, que continha as reflexões mais gerais sobre a natureza da Ciência, provavelmente não tenha sido tão bem aproveitado.

Quando lembrei a turma a respeito da prova a ser realizada na semana seguinte, um aluno perguntou se a prova conteria cálculos. Quando respondi afirmativamente, comentando sobre a lista de exercícios (aliás insistentemente retomada em todas as aulas), o aluno disse que "não treinamos tanto os cálculos". Argumentei contra essa ideia, reafirmando a importância da lista e retomando os

momentos em que havíamos feito cálculos em sala de aula. Porém, de fato muito pouco foi feito em sala de aula em termos de resolução de exercícios, se o padrão de comparação for a prática do professor X.

Em geral, considero que esta aula foi boa, cumprindo razoavelmente bem seus objetivos. Melhorias que a tornassem menos cansativa para os alunos, e estimulasse mais o seu engajamento nas discussões, seriam recomendáveis para uma eventual aplicação futura. Segundo as anotações do professor X, havia 17 estudantes presentes.

4.7. Aula 7

Data: 27/11/2018

Conteúdo: Revisão / Avaliação Final

4.7.1. Plano de Aula

Objetivo de ensino - Revisão:

- Fornecer uma revisão ampla dos conteúdos, com foco nas dúvidas alegadas pelos estudantes.

Objetivo de ensino - Avaliação Final:

- Avaliar o aprendizado desenvolvido pelos alunos ao longo da unidade didática por meio de uma prova escrita, em consonância com os resultados esperados de aprendizagem.

Procedimentos - Revisão: exposição com auxílio do quadro-negro.

Atividade Inicial: Explicar aos alunos que a proposta para o primeiro período é igual àquela com a qual já estão acostumados: uma revisão imediatamente anterior à prova, baseada na resolução comentada de exercícios sugeridos pelos próprios alunos.

Desenvolvimento: Realizar a revisão de acordo com as dúvidas apresentadas pela turma.

Fechamento: Alguns minutos antes do final do primeiro período, recolher as listas de exercícios e iniciar os preparativos para a realização da avaliação.

Procedimentos - Avaliação Final: prova escrita individual.

Atividade Inicial: Organizar as classes de maneira apropriada para a realização da avaliação individual. Enunciar claramente para a turma as instruções básicas, que estarão reproduzidas no

cabeçalho da prova.

Desenvolvimento: Entregar pessoalmente as provas aos alunos, em suas respectivas classes, e iniciar a avaliação. Circular ao redor das classes, na tentativa de evitar "colas" e esclarecer possíveis dúvidas individuais (incluindo, se for necessário, brevíssimas explicações no quadro-negro caso alguma dúvida seja muito recorrente).

Fechamento: Recolher as avaliações e avisar a turma de que elas serão entregues corrigidas na semana seguinte.

Recursos: provas escritas em papel, quadro-negro.

Observações: o primeiro período, de revisão, está completamente a serviço dos alunos. Isto significa que a abordagem de resolução comentada de exercícios sugeridos por eles pode ser substituída por uma aula expositiva mais geral sobre alguns tópicos do conteúdo, ou mesmo abdicada em favor de mais tempo para a realização da prova, caso grande maioria dos alunos opte por alguma dessas últimas possibilidades.

4.7.2. Relato de Regência

Desta vez não foi necessária uma grande preparação inicial, ao contrário da semana anterior. Iniciei a aula normalmente alguns minutos após o soar do sinal, procedendo à resolução de alguns exercícios da lista a ser entregue, conforme os pedidos dos alunos. Abordei os exercícios 13, 14 e 15. Eles representam uma pequena fração da lista e não influenciaram significativamente nos resultados obtidos pelos alunos na avaliação da lista entregue.

O fato de o exercício 13 ter sido pedido me surpreendeu um pouco, pois ele é relativamente simples. É possível resolvê-lo quase automaticamente se lembrarmos que a pressão atmosférica é aproximadamente equivalente à pressão exercida por uma coluna de dez metros d'água, fato citado por mim repetidas vezes, em várias aulas. Mesmo assim, os alunos se mostraram confusos e foi necessário certo esforço até que eles se mostrassem realmente convencidos.

Durante as resoluções dos exercícios 14 e 15 ficaram evidentes dificuldades matemáticas básicas. O exercício 14 é uma mera aplicação direta da Lei de Stevin, e logo percebi que boa parte do entrave residia na conversão entre unidades de medida e no uso de notação científica. A primeira deficiência era conhecida por mim há tempos, mas, olhando retrospectivamente, considero que meus esforços para promover a sua superação foram bastante incipientes. O segundo problema,

lastimavelmente, passou despercebido por mim, embora eu tivesse condições de prevê-lo.

Ao longo dessa revisão boa parte da turma demonstrou interesse, acompanhando as exposições. Entretanto, houve muitas conversas paralelas, muito mais do que em qualquer outra aula até então. Eu não sei exatamente o motivo, mas suponho que alguns estudantes estavam tentando obter com os colegas, de última hora, algumas respostas para a lista que seria entregue em breve. Se minha suposição é correta, dela se deduz um ensinamento para experiências futuras: tais tarefas devem ser recolhidas no início da aula.

Foi também na primeira metade da aula que, pela primeira vez, fiz uma repreensão. Quando uma aluna fez uma pergunta cuja resposta residia exatamente no que eu havia acabado de dizer, admoestei-a sem alterar o tom de voz. Entretanto, repeti a explicação logo depois.

Após a revisão, escrevi as equações necessárias no quadro, como o professor X às vezes fazia. Alguns poucos alunos prepararam resumos com as mesmas equações, eventualmente com mais algumas notas, também seguindo o costume nas provas do professor X. Revisei e aprovei os resumos, entreguei provas e folhas de rascunho e recolhi as listas de exercícios, conforme planejado.

Pouco tempo após o início da avaliação eu me lembrei de algo que deveria ter feito antes da entrega das provas. Chamei a atenção dos alunos e, com o auxílio do quadro-negro, abordei a questão 4, enfatizando a relação quadrática entre o diâmetro e a área de um círculo. Era um detalhe importante para a resolução do problema e eu preferi explicitamente ajudar os alunos, pois não queria que errassem a questão por conta de uma confusão desse tipo.

O período de prova foi marcado por muitas dúvidas dos alunos. Andei bastante pela sala para responder individualmente a cada uma das perguntas. Alguns preferiram perguntar em voz alta em plena avaliação, mas dei as respostas necessárias sem repreensões, pois de fato se tratava de perguntas de interesse geral.

O encerramento da avaliação se deu tranquilamente. A maioria dos discentes já havia terminado a prova quando faltavam dez minutos para o fim do período. Apenas uma aluna pareceu prejudicada por falta de tempo, ficando com a avaliação até o final e deixando de tentar realizar uma das sete questões.

4.7.2.1. Resultados - Lista de Exercícios

Foram entregues apenas 12 listas e, em geral, os resultados obtidos foram ruins. A média da turma foi 4,3 (onde o máximo seria 10,0) e a melhor nota foi 7,8. A maior parte dos alunos não chegou a resolver completamente a lista, em geral deixando intocada a segunda metade da tarefa.

Alguns simplesmente "chutaram" as respostas das questões objetivas sem fornecer cálculos justificativos quando necessário; esses e outros tantos simplesmente ignoraram as questões sem alternativas. Houve também resoluções claramente copiadas de colegas (com direito a reprodução de erros), mas esse comportamento foi menor do que eu esperava. Particularmente curioso foi o caso da questão 11, na qual parece ter ocorrido uma espécie de "degeneração" da resolução, que deve ter sido copiada sucessivamente e foi gradativamente sofrendo erros de cópia no processo.

Em suma, os resultados foram realmente lamentáveis. Ninguém, ou quase ninguém, seguiu o conselho constantemente repetido de realizar os exercícios aos poucos, ao longo das aulas. Apesar do longo prazo para a entrega, poucos resolveram a tarefa integralmente e muito provavelmente realizaram trechos dela de última hora. Eu acreditei que a lista de exercícios seria bem recebida pela sua semelhança com os trabalhos comumente solicitados pelo professor X, e que seria de grande ajuda para os estudantes como ferramenta para estudar a cada semana e ter uma referência para saber o que esperar da prova. Todavia, existem ao menos duas diferenças fundamentais entre a minha prática e a do professor X: a lista de exercícios era bem mais extensa do que os trabalhos aos quais os alunos estavam acostumados, e o professor X realizava muitas aulas de exercícios, resolvendo quase todas as tarefas para os alunos (que tinham a possibilidade de simplesmente copiar as resoluções vistas em aula e entregá-las). Há um abismo entre as expectativas e os resultados.

4.7.2.2. Resultados - Prova

A prova foi feita por 14 alunos, e os resultados foram ainda piores do que os da lista: a média da turma foi 3,15 (novamente em um máximo de 10,0), e a maior nota (alcançada simultaneamente por três alunos) foi 5.

Ninguém acertou as questões 3 e 4, que envolviam cálculos (muito simples) e não possuíam alternativas. A maioria sequer tentou fazê-las. As duas pessoas que tentaram responder à questão 3 tentaram usar a definição de densidade em vez da Lei de Stevin, substituindo o volume pela altura da coluna de líquido. É um resultado especialmente frustrante pois um exercício praticamente igual foi abordado detalhadamente em sala de aula, e porque alguns (poucos) alunos responderam a exercícios semelhantes na lista de exercícios - indicando cópia acrítica de resoluções prontas. No caso da questão 4, duas pessoas confundiram peso e pressão, e uma recorreu corretamente à proporção entre forças e áreas, mas se confundiu e pôs em seus cálculos a proporção entre os diâmetros em vez da proporção entre as áreas (apesar de minhas advertências explícitas, feitas durante a prova, que buscavam justamente evitar esse tipo de problema!).

Adicionalmente, ninguém acertou a questão 6. Na minha opinião era a questão mais difícil da prova em termos conceituais, mas não eram necessários raciocínios elaborados: bastaria lembrar da quinta aula, em que exatamente o mesmo exemplo foi discutido em detalhes. A esmagadora maioria assinalou o item E.

Não foi exigida justificativa para as questões 2 e 5, que eram conceituais e de múltipla escolha. A segunda pergunta já era conhecida dos alunos pois estava presente também na lista de exercícios. Sete estudantes a acertaram, mas seis dos sete que a erraram na prova a responderam corretamente na lista - cópia acrítica na lista ou lapso de memória durante a prova? Seis alunos acertaram a questão 5.

Apenas quatro alunos acertaram completamente a questão 7. Outros quatro apresentaram o método desenvolvido por Arquimedes segundo a versão de Vitruvius, e não segundo a versão de Galileu. Esse resultado inesperado pode ser explicado se admitirmos que na verdade esses discentes prestaram atenção apenas aos minutos iniciais da aula, não aproveitando nada do restante.

Maiores reflexões a respeito dos resultados podem ser encontradas na conclusão do presente trabalho.

5. CONCLUSÃO

Este texto de conclusão é na verdade uma mixórdia de pensatas a respeito das dificuldades enfrentadas durante o período de regência, incluindo contrastes entre o planejamento e as expectativas iniciais com os resultados obtidos. No entanto, uma vez que o presente trabalho marca não apenas a conclusão das atividades de estágio, mas também o final de todo um curso de graduação, parece lícito versar também sobre minha trajetória ao longo da licenciatura, especialmente porque acredito que ela é relevante para compreender a importância que o estágio teve para minha formação.

Tomo ainda a liberdade de comentar um pouco sobre minhas vivências no Ensino Médio, porque elas estavam e ainda estão muito presentes em minhas concepções sobre educação. Pois bem: tive o privilégio de estudar em uma escola particular excelente, e sou muito grato pelo ensino que recebi. Costumava receber boas notas e era estudioso. Tive a oportunidade de conhecer professores competentíssimos, de muitas disciplinas diferentes, que são integralmente responsáveis pelo meu desejo de também me tornar professor. A escolha da Física (e não da Matemática, Química ou mesmo Filosofia) foi quase que uma questão de detalhe, motivada provavelmente pelo estímulo gerado em mim pela Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA).

Naquela época eu tinha uma visão ingênua, porém bastante definida sobre as características de um bom professor. Para mim, o bom professor deveria ser bem organizado (planejando as atividades de maneira a não deixar nenhum conteúdo de vestibular para trás), ter explicações claras e completas e otimizar ao máximo o tempo, evitando revisões e não propondo em aula nada que também pudesse ser feito em casa (por exemplo, resolução de exercícios). Criticava severamente os professores que não tinham essas características, comparando-os aos demais. Também era incisivo, em minhas conversas com os colegas, ao reclamar das explicações, quando conseguia desenvolver explicações que considerava melhores ou mais simples.

Outra característica de meu pensamento da época, e que resiste com força até hoje, é a grande valorização às demonstrações matemáticas. Como abominava (ainda abomino) a aceitação de leis físicas sem justificativas para sua veracidade, tinha enorme apreço pela ideia de deduzir equações a partir de premissas já bem conhecidas. Essa tendência é responsável, por exemplo, pela minha ideia de demonstrar o Princípio de Arquimedes a partir da Lei de Stevin, da qual eu posteriormente abri mão. Por conta disso, ao contrário da maioria dos colegas, gostava muito de aulas que envolviam grandes demonstrações matemáticas (quando levavam a resultados interessantes).

Quando aprendi os primeiros conceitos de cálculo na faculdade, afirmei (a sério!) que daria um jeito (não importava qual!) de ensinar, de forma rudimentar, derivadas e integrais no Ensino Médio. Esse exemplo deve ilustrar suficientemente bem ao leitor o meu modo de pensar à época. Em verdade, já deve ter ficado claro o principal ponto: estava preocupado apenas com o papel do professor e de suas explicações, negligenciando completamente o aluno, suas motivações e conhecimentos prévios. Para mim bastaria uma explicação bem-feita, inserida em uma aula qualquer, para introduzir cálculo no Ensino Médio.

Com o tempo, porém, minha postura foi mudando. Comecei a me perguntar sobre as dificuldades que meus colegas no Ensino Superior vivenciavam, e sobre as dificuldades que meus colegas no Ensino Médio vivenciaram. Poderia ser tudo fruto de mera "preguiça de estudar"? Certamente não. Mais do que isso: mesmo aquilo que costumamos chamar de "preguiça de estudar" pode ter causas, uma estrutura que não é simplesmente uma decisão unilateral e plenamente consciente de algum aluno "cretino". A facilidade no entendimento dos conteúdos é função direta dos conhecimentos prévios, e mesmo os hábitos de estudo, a visão que se tem do papel do estudo na vida, enfim, o relacionamento com os estudos, é dependente das vivências particulares de cada um.

Com o tempo, comecei a lembrar que a maioria dos meus colegas, no Ensino Médio, não gostava de certos professores que eu admirava. Eu gostava muito do ensino tradicional e via nele imperfeições de ordem técnica, mas não estrutural. Com o tempo, porém, comecei a me dar conta

de que, se a maioria das pessoas fracassava nesse sistema, a culpa jamais poderia residir completamente nessa maioria, mas deveria ao menos em parte estar no próprio sistema.

Ao longo da graduação passei (e ainda passo) por uma mudança de paradigma, em que passei a voltar meu olhar não apenas para o professor, mas para os alunos. Em especial, para o capital cultural e para os conhecimentos prévios dos alunos. Ainda que superficial, o estudo de Pierre Bourdieu na disciplina de Sociologia da Educação, bem como o estudo de David Ausubel, na disciplina de Metodologia do Ensino de Física I, marcou-me profundamente e potencializou as reflexões que já existiam. Não abandonei completamente minhas antigas concepções, que são resistentes. Em verdade considero que muito do que eu pensava no Ensino Médio não é um absurdo completo, mas precisa ser encarado com esses horizontes ampliados. As atividades de estágio não foram o começo nem o fim, mas um passo importantíssimo desse exercício.

Evidentemente a minha ideia de ensinar cálculo no Ensino Médio, da maneira como foi formulada, é muito ingênua. Alunos sem os subsunçores necessários jamais aprenderão significativamente essas ideias, mesmo que a explicação soe muito bem - para quem já sabe! À medida em que aprendemos mais Física, vamos descobrindo uma série de imprecisões, omissões e mesmo erros nos conteúdos que estudamos inicialmente. A tendência inicial costuma ser o desprezo pelos materiais antes utilizados e a vontade de produzir algo mais correto, mais completo, mais preciso. Mas sem um forte exercício de transposição didática isso acarreta em um afastamento do nível de dificuldade ideal e da conexão com os conhecimentos prévios dos estudantes. Podemos não gostar de uma definição após aprendermos uma melhor, mas devemos lembrar que não entenderíamos tão bem a definição melhor se não tivéssemos anteriormente assimilado a explicação mais rudimentar.

Com isso é chegado o momento de discutir com algum detalhe as experiências do estágio propriamente ditas. Deve ficar claro, entretanto, que eu não tenho respostas definitivas sobre os melhores jeitos de evitar minhas próprias falhas futuramente, até porque estas conclusões estão sendo escritas apenas alguns dias após o término da fase de regência e o aprendizado é demorado.

Evidentemente, tive muita dificuldade em me adaptar à realidade da turma. Havia muita dificuldade com Matemática (envolvendo cálculos com frações ou números decimais, notação científica e manipulação de equações em geral), pouco ou nenhum hábito de estudos e predisposição a aprender significativamente bastante prejudicada - afinal de contas, estavam acostumados a repetir e decorar as estruturas das resoluções fornecidas pelo professor ao longo das aulas. Havia também muita dificuldade em realizar pesquisas por conta própria - a maioria da turma não conseguia encontrar experiências na internet e reproduzi-las autonomamente (o que vai de encontro à ideia de superfluidade de professores em um mundo com informações facilmente

acessíveis). Em suma, um cenário praticamente oposto àquele em que fui formado.

Esforcei-me para fazer adaptações e transposições didáticas, mas, em geral, meus esforços foram insuficientes. No fundo até desconfiava de que algumas coisas exigiriam pré-requisitos que ali não estavam presentes, mas é muito difícil abandonar os modelos que funcionaram para nós e com os quais estamos acostumados. Aliás, parece-me que a maioria dos professores faz parte de um grupo de exceção, um grupo de pessoas para o qual o paradigma de ensino tradicional deu razoavelmente certo. Talvez sejamos naturalmente mais inclinados a repeti-lo, apesar de os resultados pífios da educação brasileira serem bem conhecidos.

Considero que na maioria das aulas fui malsucedido em estimular a predisposição a aprender significativamente e a motivação em geral. Entretanto, é de fato muito difícil prever quais estratégias podem desempenhar essa tarefa com eficácia em uma determinada turma. O que motiva uma turma pode não motivar outra bastante semelhante. Por outro lado, considero que houve falha de minha parte quanto ao levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. O "levantamento" baseou-se apenas nas minhas observações anteriores ao período de regência, sem quaisquer instrumentos específicos de avaliação, que poderiam tornar o cenário mais claro para mim.

Apesar das falhas, repito, houve esforço para realizar uma unidade didática coerente com o perfil dos alunos. Tenho a certeza de ter feito uma abordagem muito mais acessível do que aquela vivenciada por mim no Ensino Médio. Em alguns momentos, ao comparar o material preparado, as aulas dadas e os resultados obtidos, é inevitável o surgimento de um certo tipo de indignação. Olhando retrospectivamente ao trabalho desenvolvido e às questões da prova, que a mim parecem muito simples, por vezes surge o clássico sentimento de que "fiz a minha parte" e os alunos "optaram" por não aproveitá-la. No entanto, tal pensamento deve ser repellido com veemência. Se nos contentarmos com essa ideia, jamais revolucionaremos nossas ações e continuaremos, ano após ano, acumulando resultados amargos sem perspectiva de melhora. Sozinho o professor certamente não pode resolver todos os problemas, mas acredito que é possível resolver alguns problemas que geralmente são (equivocadamente) atribuídos à má vontade ou ignorância dos alunos.

Tais desencontros são, em última análise, um conflito de perspectivas e interesses entre professor e alunos. O professor, ao não conseguir ensinar o que pretendia, da forma como pretendia, pode se ressentir e julgar as condições do alunado deterioradas para além da possibilidade de reparo.

Nesse sentido, pode suscitar ricas reflexões uma frase curiosa, proferida por um professor com o qual tive aulas no Ensino Médio: "Eu não estou tentando derrubar vocês; vocês já estão caídos e estou estendendo a mão.". Como os fracassos nas avaliações desse professor eram comuns,

ele era visto como um carrasco, assim como eu devo ter sido visto pelos meus alunos, apesar de minhas intenções contrárias. São de fato preocupantes as dificuldades e lacunas na aprendizagem dos alunos, mas não é mantendo as estratégias pretendidas inicialmente, inacessíveis aos discentes, que os ajudaremos. É preciso fazer tudo o que estiver ao nosso alcance para estender a mão e nos reinventarmos para promover uma aprendizagem com significado.

Ainda nesse sentido, pergunto-me sobre o ponto central desses desencontros, a Matemática. Será que eu fui contraditório? Os alunos tinham dificuldades com Matemática e aversão a ela, e por isso solicitaram menos cálculos em suas respostas ao questionário de atitudes. Eu disse que cumpriria a solicitação. Será que cumpri-la realmente era a melhor opção, e será que eu realmente a cumpri? Sem dúvida minhas aulas tinham menos cálculos do que as do professor X, e eles eram bastante simples. Por outro lado, não havia hábito de resolver exercícios como os que eu propus por conta própria, sem a repetição anterior de vários problemas semelhantes. No final das contas, irresponsavelmente deleguei esse esforço à resolução autônoma de uma lista de exercícios, sem acompanhamento gradual (apesar dos incentivos para que a resolvessem paulatinamente). Mas seria impossível sanar todas as dificuldades matemáticas em seis aulas, e tentativas nesse sentido provavelmente não seriam muito motivantes. O que eu poderia fazer para mitigar o problema? Não sei ao certo. Ensinar menos conteúdos e tratá-los com mais calma, promover uma avaliação realmente continuada e investir ainda mais em questões conceituais são possibilidades.

É angustiante perceber as fortes limitações causadas pela ausência de conhecimentos prévios suficientemente sólidos. É doloroso ver um erro matemático cometido por alguém que compreendeu bem o conceito. Ainda pior foi uma sensação até então desconhecida para mim: perceber que um aluno que claramente sabia a resposta de uma pergunta (dadas as suas intervenções pertinentes durante as aulas), era incapaz de se expressar de forma clara sobre o mesmo assunto, quando teve de escrever na prova.

Um outro dilema que experimentei, entre repreender ou não repreender, tem certa ligação com esse tópico. Em muitas ocasiões eu me mantive indiferente enquanto deveria ter expresso minha reprovação pela atitude de algum aluno. É necessário admoestar quando alguém cabula ou atrapalha o andamento da aula, e eu tenho de me acostumar a isso. Entretanto, em alguns casos cabe certa cautela. Faria sentido dar um sermão à turma, após o fracasso generalizado na prova? Parece-me que não, pois isso provavelmente aumentaria a aversão, em vez incitar aos estudos. A "culpa" não é função exclusiva de ações irresponsáveis tomadas pelos alunos em curto prazo, mas está, por assim dizer, difusa no espaço e no tempo.

É questionável se eu fui bem-sucedido ou não em promover a reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva. Acredito que as práticas relacionadas a esta última foram razoavelmente

boas: o conceito de pressão, por exemplo, foi ramificado gradativamente ao longo das quatro primeiras aulas. De outra parte, foi incipiente o estímulo à reconciliação integrativa, faltando panoramas gerais sobre os conceitos mais abrangentes e as ligações entre eles.

Como deve ter ficado claro nos relatos, a aula mais decepcionante foi a terceira, e seu principal erro foi ser mais densa do que deveria, incorporando um excesso de recursos diversos. O olhar crítico retrospectivo indica, todavia, que eu deveria ter alterado os planejamentos das aulas subsequentes após o revés. Na prática, atuei como o professor que considera "ter feito a sua parte", sem realizar a retomada que se fez mister.

Pensando na unidade didática como um todo, o último dos defeitos mais relevantes parece ter sido a avaliação somativa ao final, justamente ao contrário do preconizado pelo referencial teórico. De fato o tempo limitado não era convidativo para uma avaliação continuada, mas seria melhor tê-la realizado mesmo assim. A lista de exercícios não foi resolvida aos poucos, como era a minha intenção. Como corrigir o problema? Talvez dedicando tempo de aula para que os alunos a fizessem, talvez recolhendo-a por partes.

As leituras prévias solicitadas também não foram exitosas. Apesar das dificuldades logísticas, provavelmente seria uma ideia melhor adotar verdadeiras tarefas de leitura, que fizessem parte da avaliação. Assim, haveria simultaneamente um estímulo para fazer as tarefas e um mecanismo de avaliação continuada. Aliás, poder-se-ia inferir que um sistema avaliativo "retroalimentar", isto é, um sistema no qual os resultados de avaliações parciais são continuamente utilizados para moldar os desenvolvimentos posteriores em sala de aula, é potencialmente favorável à aprendizagem significativa.

Passo agora a algumas considerações finais, de caráter mais geral. Não posso deixar de chamar a atenção ao número de horas gasto para produzir a unidade didática, muitas vezes maior do que o tempo de aplicação. Tentar preparar aulas sem reproduzir mecanicamente modelos comuns é um trabalho que exige tempo e dedicação. Como se pode esperar algo assim de um professor que permanece 40 horas por semana em sala de aula? Quando ele planejará as aulas? Não há falta de tempo apenas nesse sentido: como ensinar todos os conteúdos previstos em legislação com apenas dois períodos semanais?

Espero que o presente trabalho tenha evidenciado o quão importantes foram para minha formação as atividades de estágio. Há aqui muitas imperfeições; meu aprendizado é lento. Entretanto, o mais importante é que seja constante, não se interrompa. Os primeiros versos da terceira estrofe do poema parcialmente reproduzido na epígrafe deste trabalho são os seguintes: *"Semeamos e semeamos, nunca nos cansamos, / pensando nos tempos futuros. / Cem sementes se*

perdem, mil sementes se perdem,—/ nós semeamos e semeamos constantemente."¹⁴. Só não podemos deixar de sempre tentar fazer mais e mais sementes vingarem.

6. REFERÊNCIAS

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.362-384, 17 abr. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

FEYNMAN, Richard. **O senhor está brincando, Sr. Feynman!**: as estranhas aventuras de um físico excêntrico. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

FONTANA, Fabrizio; CAPUA, Roberto di. Role of hydrostatic paradoxes towards the formation of the scientific thought of students at academic level. **European Journal of Physics**, Bristol, v. 26, n. 6, p.1017-1030, 8 ago. 2005. IOP Publishing.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; MARTINS, Roberto de Andrade; PIETROCOLA, Maurício. Enfrentando obstáculos na transposição didática da História da Ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; MARTINS, André Ferrer Pinto; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo (Org.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: UFRN, 2012. p. 123-154.

GIANCOLI, Douglas C.. **ConcepTest PowerPoints**: chapter 10. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005. Color.

HODDESON, Lilian Hartmann. How did Archimedes Solve King Hero's Crown Problem? An Unanswered Question. **Physics Teacher**, n.10, p.14-19, 1972.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Sistema Internacional de Unidades: SI**. — Duque de Caxias, RJ: INMETRO/ CICMA/ SEPIN, 2012. Primeira edição brasileira da 8ª edição do BIPM. Disponível em:

14 Esses versos, porém, vêm da versão em português de Francisco Valdomiro Lorenz.

<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2018.

LUCIE, Pierre Henri. Galileu e a tradição arquimediana. In: BARROS, Susana de Souza; ELIA, Marcos da Fonseca (Org.). **Pierre Lucie: educador e professor de cientistas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. p. 25-39.

MARTINS, Roberto de Andrade. A História das Ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 21-34.

MARTINS, Roberto de Andrade. An educational blend of pseudohistory and history of science and its application in the study of the discovery of electromagnetism. In: PRESTES, Maria Elice Brezinski; SILVA, Cibelle Celestino (eds.). **Teaching science with context: historical, philosophical, and sociological approaches**. Berlim: Springer, 2018. p. 277-292.

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

MAZUR, Eric. **Peer Instruction: A User's Manual**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. Ausubel. In: MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias Construtivistas**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 1999. p. 45-57.

How Far Away is the Moon? (The Scale of the Universe). Produção de Derek Muller. Sydney: Veritasium, 2011. Son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Bz9D6xba9Og>>. Acesso em: 11 out. 2018.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. **Teorias de Aprendizagem: texto introdutório**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2010.

PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Psicologia, Educação e Cultura**, Curitiba, v. 2, n. 1, p.37-42, jul. 2002.

PRAIA, João Félix. Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada

visão da sua teoria e incidências no ensino. In: MOREIRA, Marco Antonio et al. **Teoria da Aprendizagem Significativa: Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Peniche, 2000. Peniche: Edição Independente, 200. p. 121-134.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**, volume único. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005.

SCHWAHN, Maria Cristina Aguirre; SILVA, Juliana da; MARTINS, Tales Leandro Costa. A Abordagem POE (Predizer, Observar, Explicar): uma estratégia didática na formação inicial de professores de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais do VI ENPEC**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. Sem numeração. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p444.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.

TAO, Ping-Kee; GUNSTONE, Richard F.. Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. **International Journal of Science Education**, Abingdon-on-Thames, v. 21, n. 1, p.39-57, jan. 1999. Taylor & Francis.

TEIXEIRA, Elder Sales; GRECA, Ilena Maria; FREIRE JUNIOR, Olival. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; MARTINS, André Ferrer Pinto; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo (Org.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: UFRN, 2012. p. 9-40.

APÊNDICE A - Lista de Exercícios

1) (ACAFE SC/2013) O bisturi é um instrumento cirúrgico de corte utilizado para fazer incisões, ou seja, cortes no corpo, geralmente em um ato cirúrgico. Existem bisturis de diversos tamanhos de cabo e tipos de lâminas, como mostra a figura abaixo.



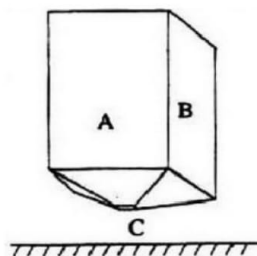
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Bisturi>.
Acesso em: 02/10/2012

Um médico escolhe um bisturi com a finalidade de fazer facilmente uma incisão no corpo de uma paciente. Nessa situação, assinale a alternativa correta que completa, em sequência, as lacunas da frase a seguir.

O médico deve escolher um bisturi com a lâmina _____, pois isso fará com que ele obtenha _____ no local para fazer a incisão.

- a) mais afiada - maior força
- b) menos afiada - maior pressão
- c) mais afiada - maior pressão
- d) mais afiada - maior área de contato

2) (UNIRIO) O corpo da figura abaixo pode ser apoiado nas faces A, B e C.



Com relação à pressão exercida sobre o plano de apoio, pode-se afirmar que é:

- a) maior, se apoiado na face A.
- b) maior, se apoiado na face B.
- c) maior, se apoiado na face C.
- d) maior quando apoiado na face B do que quando na face C.
- e) igual, independente da face de apoio.

TEXTO 1 (relacionado à questão 3):

Uma criança que gostava muito de brigadeiro decidiu fazer este doce, e para isso começou a separar os ingredientes e utensílios. Inicialmente pegou a lata de leite condensado, o chocolate em pó e a margarina, depois uma panela e colher de aço e um abridor de latas. A criança fez um furo na lata, a fim de fazer escoar para a panela o leite condensado. Sua mãe, ao ver aquela atitude, sugeriu que o filho fizesse outro furo na lata, pois assim ele conseguiria retirar aquele líquido com mais facilidade. Ao levar a panela ao fogo para mexer o brigadeiro, a criança sentiu que, depois de alguns minutos, o cabo da colher tinha se aquecido e reclamou: “Mãe, a colher está queimando a minha mão”. Então, sua mãe pediu que ele fizesse uso de uma colher de pau, para evitar uma queimadura.

Questão 3 (UEPB):

Diante do episódio apresentado, quem está correta em relação ao furo na lata é

- a) a criança, pois, com apenas um furo na lata, a pressão atmosférica não impede a saída do leite condensado.
- b) a criança, pois, com apenas um furo na lata, a pressão que o leite condensado exerce sobre o orifício é maior que a pressão atmosférica.
- c) a mãe, pois, com dois furos, a pressão atmosférica impede a saída do leite condensado.
- d) a mãe, pois, com dois furos, o ar pode entrar na lata, por um deles. Assim a pressão do ar é a mesma no interior da lata e o leite condensado escoo facilmente.
- e) a mãe, pois, com dois furos, o ar não entra na lata, o que permitirá que o leite condensado escoo facilmente.

4) (PUC-PR) Algumas pessoas que pretendem fazer um piquenique param no armazém no pé de uma montanha e compram comida, incluindo sacos de salgadinhos. Elas sobem a montanha

até o local do piquenique. Quando descarregam o alimento, observam que os sacos de salgadinhos estão inflados como balões. Por que isso ocorre?

- Porque, quando os sacos são levados para cima da montanha, a pressão atmosférica nos sacos é aumentada.
- Porque a pressão atmosférica no pé da montanha é menor que no alto da montanha.
- Porque a diferença entre a pressão do ar dentro dos sacos e a pressão reduzida fora deles gera uma força resultante que empurra o plástico do saco para fora.
- Porque a diferença entre a pressão do ar dentro dos sacos e a pressão aumentada fora deles gera uma força resultante que empurra o plástico para dentro.

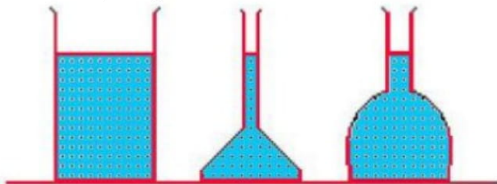
5) (UERJ) Dois corpos homogêneos A e B, de mesma massa, tem volumes V_A e V_B e densidades d_A e d_B . A alternativa que apresenta a correta correlação destas grandezas é:

- $d_A > d_B$ se $V_A > V_B$
- $d_A > d_B$ se $V_A < V_B$
- $d_A > d_B$ independentemente de V_A e V_B
- $d_A < d_B$ independentemente de V_A e V_B
- $d_A = d_B$ independentemente de V_A e V_B

6) (Vestibular1) Determine a massa de um bloco cúbico de chumbo que tem arestas de 10 cm, dado que a massa específica do chumbo é igual $11,2 \text{ g/cm}^3$.

7) (Vestibular1 - adaptado) Um cubo maciço de alumínio (massa específica = $2,1 \text{ g/cm}^3$), de 50 cm de aresta, está apoiado sobre uma superfície horizontal. Qual é a pressão, em Pa, exercida pelo cubo sobre a superfície?

8) (SóFísica) A imagem abaixo mostra três recipientes com volumes diferentes contendo o mesmo líquido, ao mesmo nível.



Conhecendo a lei de Stevin, marque a alternativa correta:

- A pressão exercida pelo líquido no fundo dos

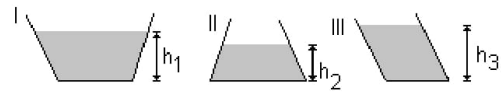
três recipientes depende do volume de cada um.

b) O recipiente que possuir maior volume terá maior pressão hidrostática em qualquer ponto do líquido.

c) O formato do recipiente influencia diretamente na pressão hidrostática.

d) A pressão exercida pelo líquido no fundo dos três recipientes é a mesma.

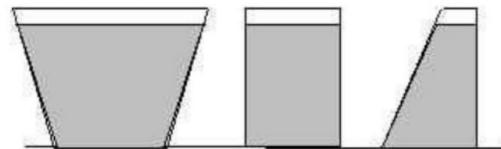
9) (Vestibular1) Considere que os 3 recipientes abaixo contêm o mesmo líquido.



A pressão exercida no fundo dos recipientes é:

- maior em I
- maior em II
- maior em III
- igual nos três
- n.d.a.

10) (UFMG) A figura mostra três vasos, V_1 , V_2 e V_3 , cujas bases têm a mesma área. Os vasos estão cheios de líquidos l_1 , l_2 e l_3 até uma mesma altura. As pressões no fundo dos vasos são P_1 , P_2 e P_3 , respectivamente. Com relação a essa situação é correto afirmar que:

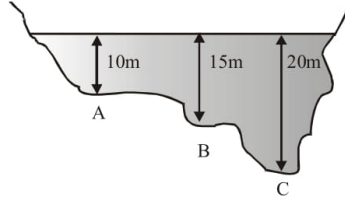


- $P_1 = P_2 = P_3$ somente se os líquidos l_1 , l_2 e l_3 forem idênticos.
- $P_1 = P_2 = P_3$ quaisquer que sejam os líquidos l_1 , l_2 e l_3 .
- $P_1 > P_2 > P_3$ somente se os líquidos l_1 , l_2 e l_3 forem idênticos.
- $P_1 > P_2 > P_3$ quaisquer que sejam os líquidos l_1 , l_2 e l_3 .

11) (Vestibular1) A pressão absoluta no fundo de uma piscina é de $1,4 \text{ atm}$. Logo a profundidade da piscina é de aproximadamente:

- 14 m
- 0,4 m
- 0,7 m
- 0,6 m
- 4 m

12) (UNIFICADO) Na figura abaixo é fornecida a profundidade de um lago em três pontos diferentes A, B e C.



Sabendo-se que em qualquer ponto da sua superfície a pressão é de 1,0 atm, pode-se concluir que as pressões absolutas nos pontos A, B e C valem, em atm, respectivamente:

- 1,0 , 1,0 e 1,0
- 1,0 , 1,5 e 2,0
- 1,5 , 2,0 e 2,5
- 2,0 , 2,5 e 3,0
- 2,0 , 3,0 e 4,0

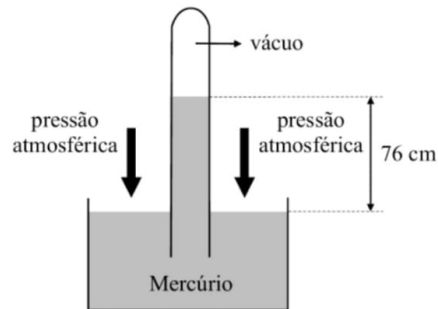
13) Um aparelho de mergulho suporta uma pressão externa de até 8,5 atm, sem se romper. Se, por acidente, o aparelho afunda no oceano, a que profundidade, em metros, ele será esmagado pela pressão da água? Considere a pressão atmosférica no nível do mar igual a 1 atm = 105 000 N/m², a densidade da água 1030 kg/m³ e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- 55m
- 60m
- 65m
- 70m
- 75m

14) A distância vertical entre dois pontos, num líquido em equilíbrio, é de 2,0 m; a diferença de pressão entre eles é de $1,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Qual a massa específica do líquido, em g/cm³?

- 10
- 7
- 5
- 3
- 2

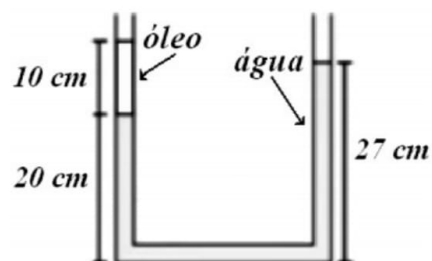
15) (FAMECA SP/2012) Com a experiência que leva seu nome, Evangelista Torricelli, em meados do século XVII, demonstrou a ação da pressão atmosférica sobre os corpos sujeitos a ela. Mostrou que no nível do mar, uma coluna de 76 cm de altura de mercúrio, cuja densidade vale 13,6 g/cm³, exerce, na base da coluna, a mesma pressão exercida pela atmosfera.



Se o experimento tivesse sido feito utilizando-se, em vez de mercúrio, um óleo de densidade $0,8 \text{ g/cm}^3$ num local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$, a altura da coluna de óleo necessária para exercer a mesma pressão que a atmosfera exerce no nível do mar seria, em metros, aproximadamente,

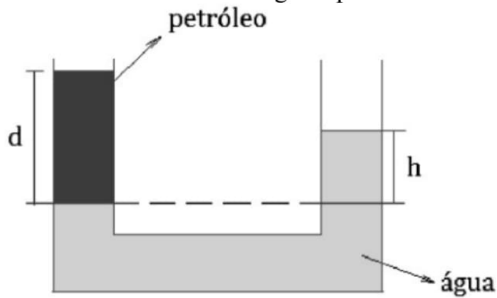
- 12,9
- 9,4
- 13,6
- 14,2
- 15,3

16) (FPS PE/2013) Em um experimento de Física um estudante utilizou um óleo vegetal com densidade desconhecida, o qual foi colocado em um tubo em U, juntamente com uma coluna de água pura, cuja densidade vale 1 g/cm^3 . As colunas de óleo e água atingem o equilíbrio e permanecem em repouso, ocupando a configuração indicada na figura abaixo. Determine a densidade do óleo utilizado neste experimento.



- $0,9 \text{ g/cm}^3$
- $0,7 \text{ g/cm}^3$
- $1,5 \text{ g/cm}^3$
- $0,2 \text{ g/cm}^3$
- $1,2 \text{ g/cm}^3$

17) (UPE/2011) A aparelhagem mostrada na figura abaixo é utilizada para calcular a densidade do petróleo. Ela é composta de um tubo em forma de U com água e petróleo.

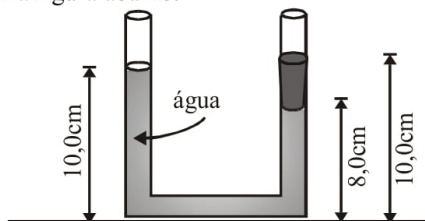


Dados: considere a densidade da água igual a 1000 kg/m^3

Considere $h = 4 \text{ cm}$ e $d = 5 \text{ cm}$. Pode-se afirmar que o valor da densidade do petróleo, em kg/m^3 , vale

- 400
- 800
- 600
- 1200
- 300

18) (UFF - RJ) Um tubo em U está disposto verticalmente e contém água em seu interior. Adiciona-se a um dos ramos do tubo certa quantidade de um líquido não miscível em água, obtendo-se a situação de equilíbrio representada na figura abaixo:

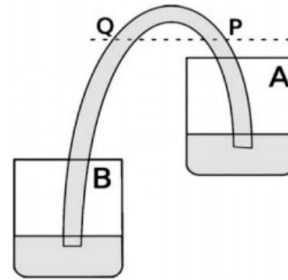


A densidade do líquido adicionado, em g/cm^3 , é então:

- 0,75
- 0,80
- 1,00
- 1,05
- 1,25

19) (UFF RJ/2011) O sifão é um instrumento usado para a retirada de água de lugares de difícil acesso. Como mostra a figura, seu funcionamento se baseia no fato de que, quando

o tubo que liga os recipientes A e B está cheio, há uma diferença de pressão hidrostática entre os pontos P e Q, o que provoca um fluxo de água de A para B.

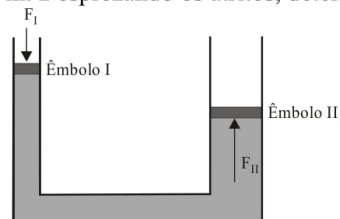


Essa diferença de pressão depende da seguinte característica do nosso planeta:

- pressão atmosférica.
- aceleração da gravidade local.
- temperatura da superfície.
- densidade da atmosfera.
- velocidade de rotação do planeta.

20) Uma prensa hidráulica apresenta êmbolos com áreas circulares A_1 e A_2 com diâmetros d_1 e d_2 respectivamente. Quantas vezes d_1 deve ser maior que d_2 para que uma força de módulo 10 N em A_2 possa equilibrar uma força de módulo 1000 N em A_1 ?

21) (UFOP) Considere uma prensa hidráulica formada por um tubo em forma de U, como mostrado na figura abaixo. O interior do tubo contém um líquido incompressível aprisionado por dois êmbolos, I e II, de áreas transversais $A_I = 0,5 \text{ m}^2$ e $A_{II} = 2,0 \text{ m}^2$, respectivamente. Sobre o êmbolo I é aplicada uma força F_I de intensidade 1000 N , até que este êmbolo tenha se deslocado de $0,80 \text{ m}$. Desprezando os atritos, determine:



- a intensidade da força F_{II} com que o líquido empurra o êmbolo II;
- o deslocamento do êmbolo II.

TEXTO 2 (relacionado à questão 22):

O físico Arquimedes (287 a 212 a.C), que descobriu o princípio que levou o seu nome, explica como fluidos respondem à presença de objetos imersos neles. Barcos, submarinos, balões dirigíveis e uma série de outras máquinas construídas pelo homem têm seu funcionamento explicado pelo princípio em questão.

Questão 22 (UEPB):

Acerca do assunto tratado no texto, analise a seguinte situação:

O empuxo é um fenômeno que está muito presente em nossa vida. Nos finais de semana, em seu lazer, quando as pessoas vão aos banhos de piscina, observam-se várias situações em que se percebe que na água as pessoas se sentem mais leves e, portanto, fica mais fácil levantar uma pessoa dentro da piscina que fora dela. De acordo com o princípio de Arquimedes, que define o empuxo, assinale a alternativa correta.

- Quando um corpo flutua na água, o empuxo recebido pelo corpo é menor que o peso do corpo.
- O princípio de Arquimedes somente é válido para corpos mergulhados em líquidos e não serve para explicar por que um balão sobe.
- Se um corpo afunda na água com velocidade constante, o empuxo sobre ele é nulo.
- Dois corpos de mesmo volume, quando imersos em líquidos de densidades diferentes, sofrem empuxos iguais.
- Todo corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás) sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

23) (UDESC/2011) Um barco pesqueiro, cuja massa é 710 kg, navegando rio abaixo, chega ao mar, no local em que a densidade da água do mar é 5,0% maior do que a densidade da água do rio. O que ocorre com a parte submersa do barco quando este passa do rio para o mar?

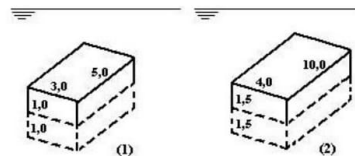
- Aumenta, pois o barco desloca um maior volume de água.
- Diminui, pois o empuxo diminui.
- Diminui, pois o barco desloca um menor

volume de água.

- Aumenta, pois o empuxo aumenta.
- Não se altera, pois o empuxo é o mesmo.

24) Quando uma pedra de massa específica igual a $3,2 \text{ g/cm}^3$ é inteiramente submersa em determinado líquido, sofre uma perda aparente de peso igual a metade do peso que ela apresenta fora do líquido. Qual a massa específica desse líquido?

25) (UNIFICADO - RJ) Dois paralelepípedos de mesmo material cujas dimensões, respectivamente, são $2,0\text{cm} \times 3,0\text{cm} \times 5,0\text{cm}$ e $3,0\text{cm} \times 4,0\text{cm} \times 10\text{cm}$, flutuam em líquidos (1) e (2), permanecendo imersos até a metade de suas alturas, conforme ilustram as figuras:



Sobre a razão d_1/d_2 , entre as densidades desses líquidos, é correto afirmar que ela vale:

- 1/4
- 1/2
- 1
- 2
- 4

26) Um bloco de cortiça flutua livremente na água. Sabendo-se que a densidade relativa da cortiça é 0,25, qual a fração do volume do bloco fica acima da superfície líquida?

27) Uma esfera, de peso igual a 10 N, flutua na água com 25% de seu volume acima da superfície livre do líquido. Qual o valor do empuxo exercido pelo líquido sobre a esfera?

28) Um bloco de madeira flutua em glicerina com 70% de seu volume imerso. Calcule a densidade da madeira, sabendo que a densidade da glicerina é $1,30 \text{ g/cm}^3$.

29) Explique com suas palavras quais são os defeitos do método que, segundo Vitruvius, Arquimedes teria usado para averiguar a coroa do rei de Siracusa.

Gabarito: 1-C, 2-C, 3-D, 4-C, 5-B, 6- 11,2kg, 7- 10 500 Pa, 8-D, 9-C, 10-A, 11-E, 12-D, 13-E, 14-B, 15-A, 16-B, 17-B, 18-C, 19-B, 20- dez vezes, 21- a) 4000 N; b) 0,20 m, 22-E, 23-C, 24- 1,6 g/cm³, 25-C, 26- 3/4, 27- 10 N, 28- 0,9 g/cm³.

Exemplo de resposta esperada para a questão 29: dadas as dimensões da coroa e a sua massa, o método de medição de volume por meio do transbordamento ou do aumento do nível da água não seria suficientemente preciso para identificar a presença ou ausência de uma adulteração.

APÊNDICE B – Prova

Prova de Física - Mecânica dos Fluidos

Escola Estadual de Ensino Médio Ceará - Física - Prof. Miguel Bento - Turma 201 - 27/11/2018

Nome: _____ Nota: _____

Instruções: a prova é individual e é proibido o uso de celulares e calculadoras. É permitida a consulta a um resumo, desde que ele contenha apenas o que foi combinado previamente. Todas as questões devem ter justificativa, incluindo as conceituais e/ou objetivas. Escreva as respostas finais à caneta. Todas as questões têm o mesmo valor. Bom trabalho!

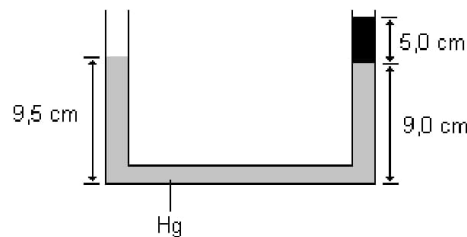
1) (UFRJ) O impacto da partícula de lixo que atinge a nave espacial Columbia produz uma pressão da ordem de 100 N/cm^2 . Nessas condições e tendo a partícula 2 cm^2 , a nave sofre uma força de:

- (a) 100 N (b) 200 N (c) 400 N (d) 800 N (e) 1600 N

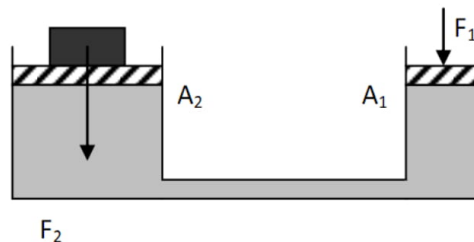
2) (PUC-PR) Algumas pessoas que pretendem fazer um piquenique param no armazém no pé de uma montanha e compram comida, incluindo sacos de salgadinhos. Elas sobem a montanha até o local do piquenique. Quando descarregam o alimento, observam que os sacos de salgadinhos estão inflados como balões. Por que isso ocorre?

- a) Porque, quando os sacos são levados para cima da montanha, a pressão atmosférica nos sacos é aumentada.
 b) Porque a pressão atmosférica no pé da montanha é menor que no alto da montanha.
 c) Porque a diferença entre a pressão do ar dentro dos sacos e a pressão reduzida fora deles gera uma força resultante que empurra o plástico do saco para fora.
 d) Porque a diferença entre a pressão do ar dentro dos sacos e a pressão aumentada fora deles gera uma força resultante que empurra o plástico para dentro.

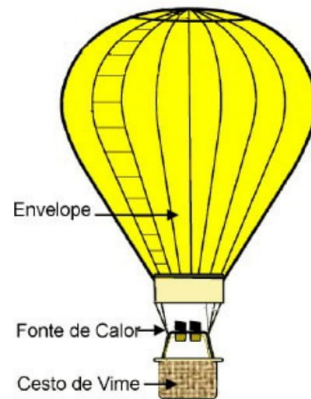
3) (UNITAU) A figura mostra um tubo contendo mercúrio e um líquido de massa específica desconhecida. Calcule a massa específica do líquido sabendo que a massa específica do mercúrio é $13,6 \text{ g/cm}^3$.



4) A prensa hidráulica apresenta áreas A_1 , de diâmetro d_1 , e A_2 , de diâmetro $d_2 = 2 \cdot d_1$. Para equilibrar o peso colocado sobre o êmbolo de área A_2 , é aplicada a força $F_1 = 50 \text{ N}$. Nessas condições, quanto vale o peso P_2 ?



5) (UFRN) Um balão de ar quente é constituído por um saco de tecido sintético, chamado envelope, o qual é capaz de conter ar aquecido. Embaixo do envelope, há um cesto de vime, para o transporte de passageiros, e uma fonte de calor, conforme ilustra a figura a seguir.



Para que o balão suba, aquece-se o ar no interior do envelope e, com isso, inicia-se a flutuação do balão. Essa flutuação ocorre porque, com o aquecimento do ar no interior do envelope,

- a) a densidade do ar diminui, tornando o peso do balão menor que o empuxo.
- b) a pressão externa do ar sobre o balão aumenta, tornando seu peso menor que o empuxo.
- c) a densidade do ar diminui, tornando o peso do balão maior que o empuxo.
- d) a pressão externa do ar sobre o balão aumenta, tornando seu peso maior que o empuxo.

6) (FUVEST - adaptada) Icebergs são blocos de gelo flutuantes que se desprendem das geleiras polares. Se apenas 10% do volume de um iceberg fica acima da superfície do mar e se a massa específica da água do mar vale $1,00\text{g/cm}^3$, podemos afirmar que a massa específica do gelo do iceberg, em g/cm^3 , vale aproximadamente

- a) 1,00
- b) 0,97
- c) 0,93
- d) 0,90
- e) 0,10

7) Explique com suas palavras como Arquimedes poderia ter descoberto a adulteração da coroa do rei de Siracusa, de uma maneira fisicamente plausível.

Gabarito:

1- B

2 - C

3 - $1,36\text{ g/cm}^3$

4 - 200 N

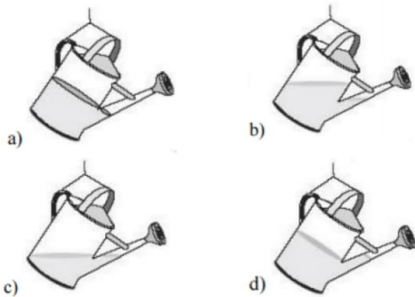
5 - A

6 - D

7 - Exemplo de resposta esperada, retirada de uma das provas: "Usando uma balança de 2 pratos para medir o ouro de verdade e o que está na coroa e botando eles na água. Se a coroa for toda de ouro de verdade a balança vai ficar no meio, se não a coroa vai ficar mais para cima ("boiar") e o ouro vai ficar mais para baixo ("afundar")."

APÊNDICE C - Questões do Instrução pelos Colegas

1) (Cesgranrio-RJ) Um regador está em equilíbrio, suspenso por uma corda presa às suas alças. A figura que melhor representa a distribuição do líquido em seu interior é:



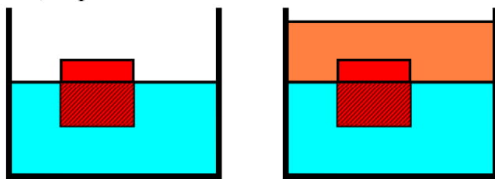
2) Um balão de hélio está dentro de um pote cheio de ar e flutua na parte de cima. Se o ar do pote for substituído por hélio, o que acontecerá com o balão de hélio?

- A) continuará flutuando na parte de cima
- B) descerá até o meio do pote
- C) afundará para a parte de baixo do pote

3) Qual o nome do professor estagiário de Física?

- A) Miguel
- B) Roberval
- C) Tibúrcio
- D) William Bonner

4) Um bloco flutua na água e afunda no óleo. Se óleo for adicionado sobre a água em que o bloco está, o que acontece com ele?

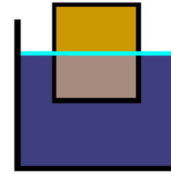


- A) se move um pouco para cima
- B) permanece no mesmo local
- C) se move um pouco para baixo
- D) afunda completamente

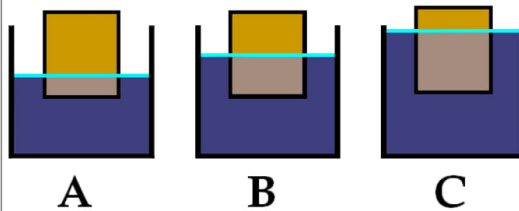
5) Um cubo de gelo é colocado em um recipiente com um óleo que tem a metade da densidade da água. O que acontece com o cubo de gelo?

- A) flutua como antes
- B) flutua com uma maior parte submersa
- C) flutua com uma maior parte emersa
- D) afunda completamente

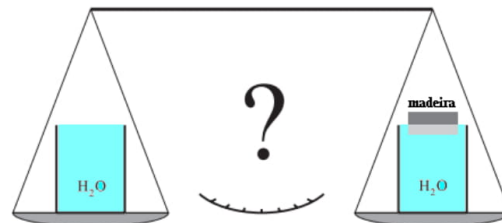
6) Um bloco de madeira flutua em um recipiente com água.



Como o mesmo bloco de madeira flutuaria, caso o sistema fosse colocado na Lua?



7) Dois copos idênticos estão cheios de água. Um bloco de madeira é colocado em um dos copos e flutua. Nesse processo, parte da água transborda e é removida. Ambos os copos são então pesados. O que acontece?



- A) o prato da esquerda desce (o copo com o bloco de madeira é mais leve)
- B) o prato da direita desce (o copo com o bloco de madeira é mais pesado)
- C) a balança fica em equilíbrio (indica pesos iguais)

Gabarito: 1-C, 2-C, 3-A, 4-A, 5-D, 6-B, 7-C

APÊNDICE D - Cronograma de Regência

Aula	Data	Conteúdo(s) a ser(em) trabalhado(s)	Objetivos de ensino	Estratégias de Ensino
1	16/10/18	Apresentação / Pressão	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar de maneira panorâmica os conteúdos que serão trabalhados em toda a unidade de ensino e as estratégias de ensino que serão adotadas; • Motivar o alunado com relação às aulas vindouras, explicitando a importância do questionário para a preparação da unidade didática e também aspectos instigantes do conteúdo; • Introduzir o conceito de pressão partindo de exemplos concretos, para posterior abstração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstração experimental; • Exposição dialogada com auxílio de projetor multimídia.
2	23/10/18	Conceito de Fluido / Pressão Atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar o conceito de fluido, diferenciando fluidos de sólidos; • Apresentar a ideia de pressão em fluidos ampliando a discussão da aula anterior; • Associar o conceito de pressão atmosférica a fenômenos do cotidiano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades experimentais no laboratório didático; • Exposição dialogada com auxílio de quadro-negro.
3	30/10/18	Densidade / Pressão Fluidostática / Lei de Stevin	<ul style="list-style-type: none"> • Definir o conceito de massa específica e o conceito de densidade (como propriedade de uma substância); • Introduzir a Lei de Stevin a partir de exemplos concretos, incluindo demonstrações experimentais; • Promover discussões entre os alunos e avaliar sua compreensão por meio do Instrução pelos Colegas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instrução pelos Colegas; • Demonstrações experimentais; • Exposição dialogada com auxílio de projetor multimídia; • Simulação computacional; • Exibição de vídeo.
4	06/11/18	Lei de Stevin / Princípio de Pascal	<ul style="list-style-type: none"> • Exemplificar o uso quantitativo da Lei de Stevin na resolução de problemas; • Apresentar a prensa hidráulica, o ludião e seus princípios de funcionamento, relacionando-os ao Princípio de Pascal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstração experimental; • Exposição dialogada com auxílio de quadro-negro.
5	13/11/18	Princípio de Arquimedes	<ul style="list-style-type: none"> • Após problematização, explicar o Princípio de Arquimedes e relacioná-lo a fenômenos do cotidiano; • Explicar, com exemplos da vida real, a relação entre densidade e fluabilidade dos corpos; • Promover discussões entre os alunos e avaliar sua compreensão por meio do Instrução pelos Colegas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada com auxílio de quadro-negro; • Instrução pelos Colegas.

Aula	Data	Conteúdo(s) a ser(em) trabalhado(s)	Objetivos de ensino	Estratégias de Ensino
6	20/11/18	Arquimedes e a Coroa do Rei	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a lenda de Arquimedes e a coroa segundo as versões de Vitruvius e Galileu, de maneira interativa e ilustrada experimentalmente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstração experimental; • Exposição dialogada com auxílio de projetor multimídia.
7	27/11/18	Revisão e Avaliação Final	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecer uma revisão ampla dos conteúdos, com foco nas dúvidas alegadas pelos estudantes; • Avaliar o aprendizado desenvolvido pelos alunos ao longo da unidade didática, em consonância com os resultados esperados de aprendizagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação escrita; • Exposição orientada pelas demandas dos alunos (com auxílio de quadro-negro).

Resultados Esperados de Aprendizagem

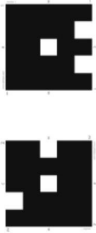
Ao final desta unidade didática, o aluno deverá ser capaz de:

- Considerar a influência da área de aplicação ao avaliar os resultados da aplicação de uma força;
- Explicar o conceito de pressão atmosférica, reconhecendo seu papel explicativo em fenômenos do cotidiano;
- Usar a Lei de Stevin para resolver problemas, qualitativa e quantitativamente;
- Relacionar o Princípio de Pascal às suas aplicações práticas;
- Resolver problemas quantitativos que envolvam o Princípio de Arquimedes;
- Relacionar os conceitos de fluabilidade e densidade, qualitativa e quantitativamente;
- Argumentar a respeito da implausibilidade da versão comum da lenda de Arquimedes e a coroa do rei de Siracusa;
- Explicar de forma qualitativa como se pode medir densidades indiretamente, por meio do empuxo.

APÊNDICE E - Projeções das Aulas

Aula 1

<p style="text-align: center;">Unidade de Ensino Estática dos Fluidos</p>  <p style="font-size: small; text-align: center;">Prof. Miguel Bento (miguel.r.bento@gmail.com) – Física Orientado na UFRGS pelo Prof. Dr. Ives Araujo Turma 201 – Escola Estadual de Ensino Médio Ceará</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nos próximos minutos: um trailer! • Li todos os questionários, e eles foram essenciais para o preparo das aulas! • Vou mostrar os pontos principais.
<p style="text-align: center;">O que você acha mais interessante na Física?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experiências! <p style="text-align: center;">Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experiências! 	<p style="text-align: center;">Faremos experiências!</p> 
<p style="text-align: center;">Mas não é só isso!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Predizer • Observar • Explicar 	<p style="text-align: center;">Eu gostaria mais de Física se...</p> <ul style="list-style-type: none"> • eu conseguisse entender! • existissem explicações de vários jeitos diferentes! • o erro de cada um fosse explicado!
<p style="text-align: center;">Além das experiências...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exposições Dialogadas • Instrução pelos Colegas 	<p style="text-align: center;">Instrução pelos Colegas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método desenvolvido em Harvard • Votação sobre perguntas conceituais • Argumentação entre os colegas



Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?

- Cálculos
- Fórmulas
- Equações

Sobre os cálculos

- Faremos menos cálculos
- Um melhor entendimento conceitual facilita os cálculos
- Tirem as dúvidas pouco a pouco!

Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?

- Bem, não recebi taaantas sugestões assim...
- Além das **experiências**, duas pessoas sugeriram que estudássemos sobre **os físicos**.
- Sabemos quem são as pessoas homenageadas com nomes de ruas?

Um pouco sobre... Arquimedes!



Um pouco mais sobre o conteúdo...



فاقر
faquir

Como os faquires fazem isso?

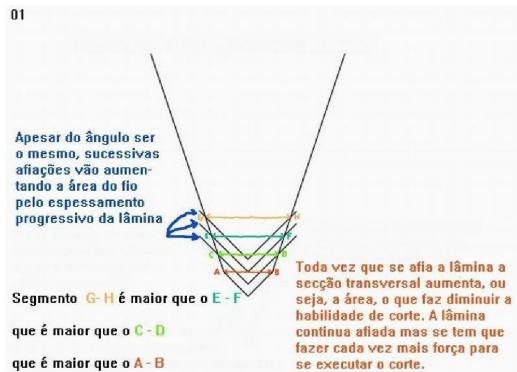
Qual a diferença entre uma cadeira comum, uma cadeira de pregos e um único prego?



Qual a importância da ponta do prego?



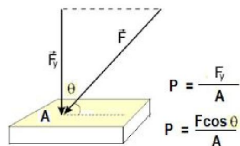
O que é o 'fio' da faca?
O que é 'afiar' a faca?



Pressão

- É uma grandeza física **escalar** dada pela razão entre o **módulo** da força **resultante normal** F e a área A da superfície sobre a qual ela atua:

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



1 N/m² = 1 Pa (Pascal)



Por que andar (e não só deslizar) de esquis?



Cuidado com os tapetes...

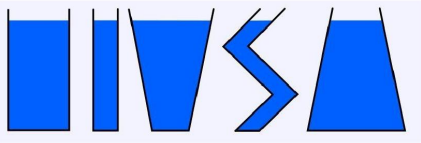




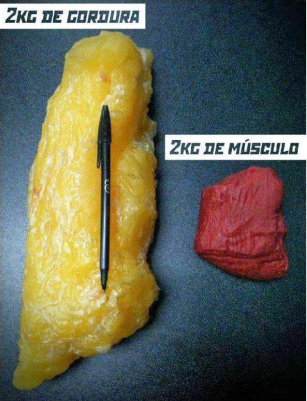


Se as mesas têm massas iguais, qual delas exerce mais pressão por pé?

A da esquerda!

**Quanta pressão
uma pessoa exerce
onde pisa?**

Aula 3

<p style="text-align: center;">Densidade e Lei de Stevin</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Prof. Miguel Bento (miguel.r.bento@gmail.com) – Física Orientado na UFRGS pelo Prof. Dr. Ives Araújo Turma 201 – Escola Estadual de Ensino Médio Ceará</p>	<p style="text-align: center;">Altitudes...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monte Everest: 8 848 m = 8,848 km • Altitude de voos comerciais: aproximadamente 10 000 m = 10 km • Serra Gaúcha: máximo de 1 300 m = 1,3 km • Até onde um balão chega? Simples: 10 km, meteorológico: 38 km.
 <p>O que pesa mais, 10 kg de chumbo ou 10 kg de algodão?</p> 	 <p>O que você preferiria carregar, 10 kg de chumbo ou 10 kg de algodão?</p> 
<p style="text-align: center;">Densidade</p> <ul style="list-style-type: none"> • A densidade de um corpo é simplesmente a razão entre sua massa e seu volume: $d = \frac{m}{V}$ <ul style="list-style-type: none"> • Se o corpo for maciço e homogêneo, a densidade pode ser chamada de massa específica do material de que é feito o corpo (μ). • A massa específica pode ser utilizada como critério para diferenciar materiais! 	<p style="text-align: center;">Densidade</p> <ul style="list-style-type: none"> • A unidade de medida no SI é o kg/m³. $\frac{kg}{m^3} = \frac{1000 g}{1\,000\,000 cm^3} = \frac{1}{1000} \frac{g}{cm^3}$ $1 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$
<p style="text-align: center;">Litro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um litro é o volume de um cubo de aresta de 10 cm. $1 L = 1000 cm^3$ $1 mL = 1 cm^3$	 <p>2kg DE CORDURA</p> <p>2kg DE MÚSCULO</p>

Chumbo e algodão

- 10 kg de algodão -> 6,4 L
- 10 kg de chumbo -> 0,9 L

Mas há muito ar entre os fios de algodão...

Peixes abissais



Vivem em até 4 500 metros de profundidade... quem tirou essa foto?

O barril de Pascal

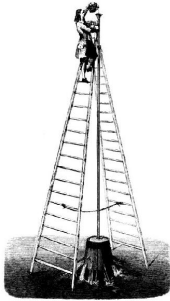
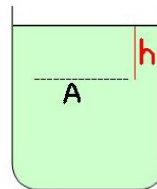


Fig. 41—M. J. B. de la Motte, Paris, 1646.



Lei de Stevin



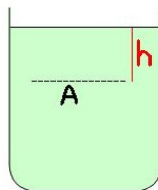
$$F = P_{\text{líq}} = m_{\text{líq}} g$$

$$m_{\text{líq}} = d V_{\text{líq}}$$

$$V_{\text{líq}} = A h$$

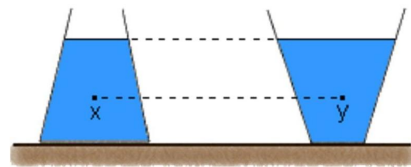
$$p = \frac{F}{A} = \frac{m_{\text{líq}} g}{A} = \frac{d V_{\text{líq}} g}{A} = \frac{d A h g}{A}$$

Lei de Stevin



$$p_{\text{total}} = p + p_{\text{atm}} = dgh + p_{\text{atm}}$$

Lei de Stevin



Lei de Stevin

- Se há um caminho contínuo entre dois pontos de um mesmo fluido em equilíbrio, a diferença de pressão entre eles se deve apenas ao desnível entre eles.

Lei de Stevin

- 1 atm = 100 000 Pa

$$h = \frac{p}{dg} = \frac{100\,000 \text{ Pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 10 \text{ m}$$

Uma coluna de dez metros d'água iguala a pressão atmosférica!

O barril de Pascal

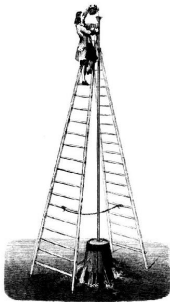
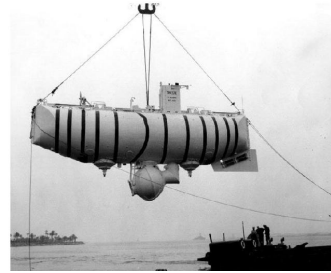


Fig. 41-10 Elemento Pascal. Fundamentos de Física

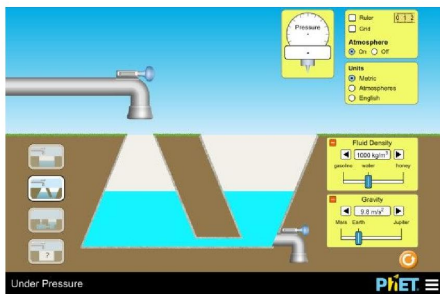


Trieste



Profundidade máxima atingida: 11 521 m. Uma polegada de deformação representaria perda de 30% na resistência!

Simulação Computacional



Como se virar na greve dos caminhoneiros?



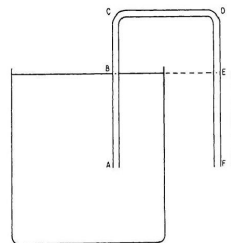
Sifão



Sempre de um recipiente mais elevado para um menos elevado.

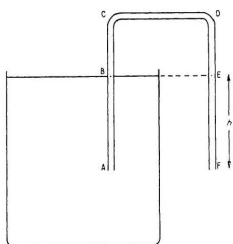
A mangueira deve estar preenchida desde o começo.

Sifão



- Inicialmente, a pressão em E é igual à pressão atmosférica.
- A pressão em F é igual à pressão atmosférica somada da pressão causada pela coluna de líquido entre E e F.
- É claro que a água vai escorrer quando a tampa for retirada, pois há uma diferença de pressão.

Sifão



- O que **mantém** o fluxo de água?

Principalmente, a pressão atmosférica!

Copo de Pitágoras



Copo de Pitágoras



- É um sifão escondido...

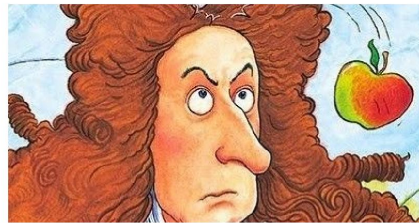
Aula 6

Arquimedes e a Banheira Verdade ou Ficção?



Prof. Miguel Bento (miguel.r.bento@gmail.com) – Física
Orientado na UFRGS pelo Prof. Dr. Ives Araújo
Turma 201 – Escola Estadual do Ensino Médio Ceará

História da ciência: só anedotas?



NÃO, com certeza!

Quem é Arquimedes?

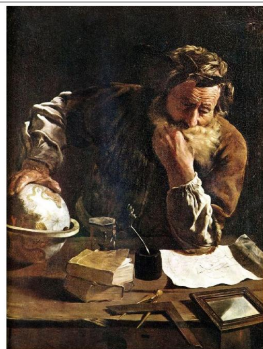
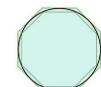
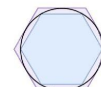
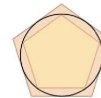


Um filósofo grego?

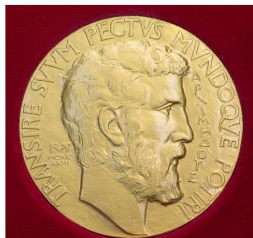
Arquimedes, físico, matemático e engenheiro, nasceu no ano 287 a.C. e morreu em 212 a.C.

Ele morou em Siracusa.

Não é possível listar todas as suas contribuições, mas cito duas – o parafuso de Arquimedes e a aproximação para o número pi.



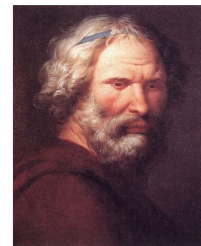
Domenico Fetti, 1620



A Medalha Fields homenageia Arquimedes.



Gerhard Thieme, 1972



Giuseppe Patania, 1823

A lenda

O rei de Siracusa, Hierão II, queria mandar fazer uma coroa de ouro puro.

Então, ele forneceu um bloco de ouro puro ao ourives, para que ele produzisse a coroa.

Aparentemente tudo correu bem e depois de certo tempo o rei recebeu uma bela joia.



A lenda

Entretanto, por meio de uma denúncia, o rei suspeitou que o ourives havia feito uma fraude. Segundo o denunciador, o ourives adicionou prata ao ouro e apanhou parte do precioso metal fornecido pelo rei.

Irritado com essa desagradável trapaça, o rei quis punir o ourives, mas não sabia como provar o crime.

Então... o rei pediu ajuda de Arquimedes!



O que você faria se estivesse no lugar de Arquimedes?

Pensando sobre o tema, Arquimedes entrou em uma banheira.

Arquimedes percebeu que, enquanto ele entrava na banheira, a água transbordava dela.

Além disso, de algum jeito ele percebeu que o volume da água derramada era igual ao volume das partes do corpo dele que já estavam submersas.

- Isso é consequência do fato de que a água é (praticamente) incompressível.

Essa descoberta deu a Arquimedes uma ideia sobre o problema da coroa: ele alegrou-se tanto que saiu correndo, nu, gritando "εὕρηκα, εὕρηκα" (descobri, descobri!).



Como isso resolve o problema?

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

Por meio da densidade é possível distinguir materiais diferentes!

Se conhecemos a massa e o volume de um corpo, é fácil calcular sua densidade.

Porém, o volume da coroa não é conhecido...

A água derramada é um recurso para medir volume!

Arquimedes mandou fazer dois blocos: um de prata pura, outro de ouro puro. Os blocos tinham o mesmo peso da coroa. Medindo e comparando os volumes desses três corpos, é possível descobrir se houve fraude ou não.



Tem até uma equação!

Por uma análise talvez anacrônica nós podemos saber que esse método teoricamente pode indicar até mesmo o quão grande foi a fraude.

$$\frac{V_{coroa} - V_{Au}}{V_{Ag} - V_{Au}} = \frac{\frac{m_{coroa}}{d_{Au}} + \frac{m_{coroa}}{d_{Ag}} - \frac{m_{coroa}}{d_{Au}}}{\frac{m_{coroa}}{d_{Ag}} - \frac{m_{coroa}}{d_{Au}}} = \frac{m_{coroa}}{m_{coroa}} \left(\frac{1}{d_{Ag}} - \frac{1}{d_{Au}} \right) \left(\frac{1}{d_{Ag}} - \frac{1}{d_{Au}} \right)^{-1}$$

$$\frac{V_{coroa} - V_{Au}}{V_{Ag} - V_{Au}} = \frac{m_{coroa}}{m_{coroa}}$$

Você realmente acha que essa história é confiável?

É possível afirmar que ela é verdadeira?

Há problemas...

Quem diabos encheria uma banheira até a borda?



O método não é suficientemente preciso

O raio de uma coroa (ainda que seja votiva) é, aproximadamente, 10 cm.

Se ela pesasse 1 kg e sua densidade fosse 15 g/cm³ (valor entre a densidade do ouro e a densidade da prata), seu volume seria 67 cm³.

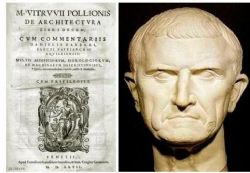
O nível da água mal se alteraria...

De onde veio essa história?

NÃO HÁ NADA SOBRE ISSO NAS OBRAS DE ARQUIMEDES!

O relato (conhecido) mais antigo sobre essa história é de **Vitrúvio**, feito aproximadamente dois séculos após a morte de Arquimedes!

Vitrúvio foi desonesto?



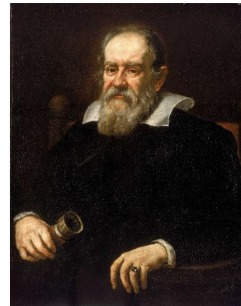
E agora, o que podemos fazer?

Não há documentos da época de Arquimedes que contam como ele resolveu o problema desafiador – devemos, então, desistir?

NÃO! Ainda podemos **inventar** uma maneira que Arquimedes poderia ter usado.

Você sabe quem é o outro cientista importante que tem relação com essa história?

Galileo Galilei (1564-1642)



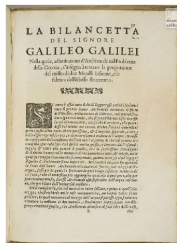
Justus Sustermans, 1636

La Bilancetta (A “balancinha”) - 1586

Galileo, com 22 anos de idade, escreveu um pequeno texto justamente sobre esse tema.

Galileo achou que a explicação de Vitrúvio não era verossímil:

“O fato de eu saber que esse método era de todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas, levou-me muitas vezes a cogitar sobre a maneira pela qual se pode descobrir, por meio da água e de modo rigoroso, a composição da liga de dois metais.”



La Bilancetta (A “balancinha”) - 1586

“Acreditaria sim que, difundindo-se a notícia de que Arquimedes havia descoberto o furto por meio da água, algum autor contemporâneo terá deixado algum relato do fato; e que o mesmo, ao acrescentar qualquer coisa ao pouco que havia entendido pelos rumores espalhados, disse que Arquimedes havia utilizado a água do modo que passou a ser o universalmente aceito.”



Galileo inventou um jeito de resolver o problema, que o próprio Arquimedes poderia ter usado.

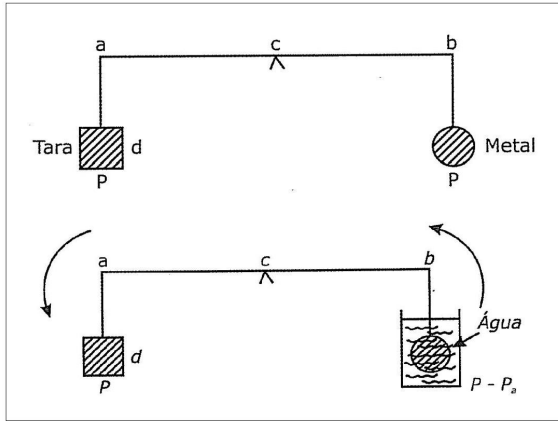
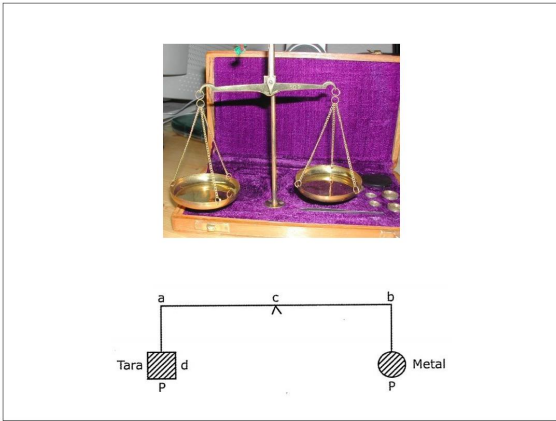
Nesta solução desempenham papel fundamental duas leis costumeiramente atribuídas ao próprio Arquimedes: o **Princípio de Arquimedes** e a **Lei da Alavanca**.

Princípio de Arquimedes

“Qualquer objeto, total ou parcialmente imerso em um fluido estacionário, experimenta um empurrão vertical direcionado para cima, o qual é igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto.”

- Por causa disso, corpos mais densos que o fluido caem em direção ao fundo, e corpos menos densos que o fluido flutuam submersos apenas parcialmente.

$$E = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{deslocado}} \cdot g$$



O que acontece se ambos os pratos da balança são colocados debaixo d'água?

Se o contrapeso é de ouro puro e a haste da balança se inclina após a submersão, há fraude: a coroa é menos densa do que o bloco de ouro.

Lei da Alavanca

Se a barra está na horizontal, então a equação seguinte é necessariamente válida:

$$\frac{ca}{cb} = \frac{P_M}{P_T}$$

Como saber quão grande é a fraude?

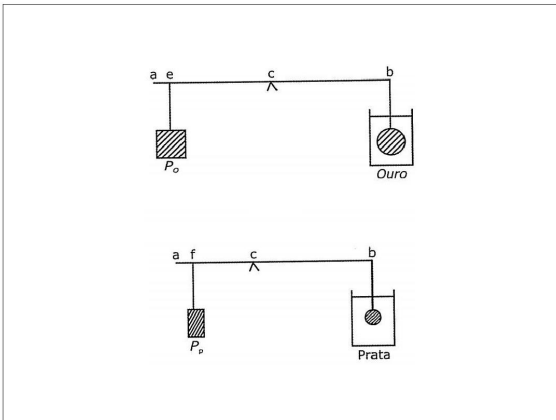
$$\frac{P}{P - P_a} = \frac{cb}{ce} = \frac{cb}{cb - ae}$$

$P \rightarrow cb = ca$
 $P_a \rightarrow ae$
 $P - P_a \rightarrow ce$

Se o metal foi mergulhado em água, é possível recolocar a barra na horizontal aproximando-se o contrapeso ao fulcro.

$$\frac{P}{P_a} = \frac{ca}{ae}$$

P/P_a depende apenas das densidades da água e do metal!

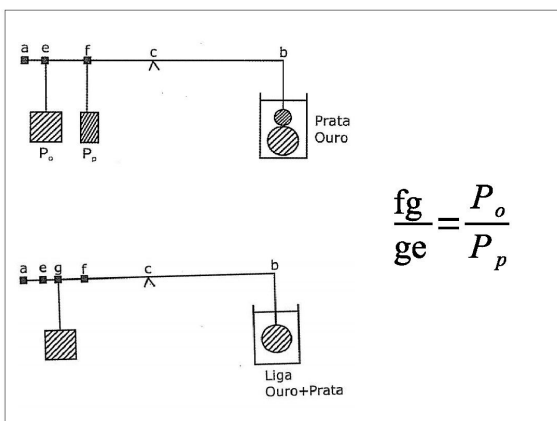


Galileo abruptamente afirma que:

$$\frac{fg}{ge} = \frac{P_o}{P_p}$$

Os historiadores não têm certeza sobre como Galileo descobriu isso (ou como Arquimedes poderia ter descoberto). Entretanto, esta equação é correta e nos permite saber quanto de prata há na coroa.

Discutamos um pouco sobre a solução proposta por Pierre Lucie.



Obras antigas apoiam Galileo

- Podemos ter certeza sobre a solução proposta por Galileo?

Não. Sequer sabemos se a coroa realmente existiu!

- Entretanto, obras antigas, pesquisadas no final do século XIX, apoiam Galileo:

Mappae Clavicula (século XII)

Carmen de ponderibus et mensuris (século IV ou V)



O que aprendemos?

Não devemos olhar a história da ciência ingenuamente.

A ciência **não** é feita principalmente por gênios sortudos e malucos, que vagam nus pelas ruas.

Há anedotas, apólogos sobre Arquimedes, Newton, Einstein... **eles são ruins para a educação científica.**

A ciência não nasce pronta na cabeça de gênios: nenhuma obra é completamente original...

Perceba a riqueza da provável versão de Galileo...

Nós copiamos uns aos outros e é impossível analisar tudo detalhadamente, mas devemos permanecer atentos! Eis algumas perguntas necessárias, segundo Roberto Martins:

- Quem descreveu os procedimentos, quando e a partir de que fontes de informação?
- Esses procedimentos são possíveis e plausíveis (do ponto de vista científico)?
- Que documentos, testemunhos e objetos do passado podem ser utilizados para tentar esclarecer esse ponto?
- Até que ponto se pode chegar a uma conclusão segura sobre essa questão?