



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“Júlio de Mesquita Filho”  
Campus de Bauru -SP**

**MARCOS DANIEL LONGHINI**

**APRENDER PARA ENSINAR: A REFLEXÃO NA FORMAÇÃO INICIAL  
DE PROFESSORES DE FÍSICA**

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Ciências da  
UNESP – Campus de Bauru,  
como um dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre  
em Educação para a Ciência –  
Área de Concentração: Ensino  
de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Nardi

**BAURU**

**2001**

Ficha catalográfica elaborada por  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - Bauru

Longhini, Marcos Daniel

Aprender para ensinar : a reflexão na formação inicial  
de professores de física / Marcos Daniel Longhini. --  
Bauru : [s.n.], 2001.  
290 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Ciências.

Orientador: Prof. Dr . Roberto Nardi

1. Formação de professores. 2. Prática reflexiva. 3.  
Conteúdo pedagógico. I – Título. II – Universidade  
Estadual Paulista. Faculdade de Ciências.

**MARCOS DANIEL LONGHINI**

**APRENDER PARA ENSINAR: A REFLEXÃO NA FORMAÇÃO INICIAL  
DE PROFESSORES DE FÍSICA**

**BANCA JULGADORA**

**DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE**

*Presidente e Orientador:* Prof. Dr. Roberto Nardi (UNESP – Bauru/SP)

*2º. Examinador:* Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida (FE/UNICAMP)

*3º. Examinador:* Prof. Dr. Washington Luiz Pacheco de Carvalho (UNESP – Ilha  
Solteira/SP)

## **DADOS CURRICULARES**

### **MARCOS DANIEL LONGHINI**

#### **NASCIMENTO:**

10 de Dezembro de 1976

#### **FILIAÇÃO:**

José Luiz Longhini

Izilda Aparecida Lopes Longhini

#### **FORMAÇÃO:**

1984 – 1991 - Ensino Fundamental – EE “Valentim Gentil”, Itápolis/SP

1992 – 1994 - Ensino Médio – EE “Valentim Gentil”, Itápolis/SP

1995 – 1998 - Licenciatura em Física – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP - Campus de Bauru/SP

1999 – 2001 - Mestrado em Educação para a Ciência – Área de Concentração:

Ensino de Ciências – Faculdade de Ciências - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP – Campus de Bauru/SP

### Agradecimentos...

Acho que por mais que acreditemos que tudo é fruto de nosso puro esforço, é sempre preciso parar e olhar ao nosso redor, porque muitos são os que constroem nosso sucesso... Deste modo, destaco os nomes de **Izilda e José**, meus pais e **Mércia**, irmã, pelos incentivos e pelas tantas vezes que me ajudaram, dentre elas, as idas e vindas de Bauru...

Agradeço também à **Helena**, minha avó, pela paciência na trajetória e pelas orações despendidas...

Mas é impossível não se lembrar das outras tantas pessoas que me auxiliaram para que este trabalho fosse realizado... dentre elas, destaco **Ana e Carla**, profissionais que fazem parte desta Pós-Graduação, que muito me auxiliaram, não só em aspectos burocráticos, mas também quando o pessoal se sobrepôs....

Pelo empréstimo de materiais e o apoio sempre terno ofertado, agradeço à **Iara**...

Agradecimentos especiais ao orientador deste trabalho, Prof. **Roberto Nardi** que me aceitou como orientando desde 1996, primeiro ano da Iniciação Científica, e mesmo em meio as suas inúmeras atividades acadêmicas, sempre se esforçou para o bom andamento deste trabalho...

Agradecimentos à **Fapesp** pelo apoio financeiro, e aos sete licenciandos participantes desta pesquisa...

Enfim, um obrigado a todos, na certeza que se algum de vocês tivesse faltado, o resultado, não seria o mesmo....

*“Você não pode ensinar nada a um homem;  
você pode apenas ajudá-lo a encontrar a resposta dentro dele mesmo”.*

Galileu Galilei,  
físico italiano.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	08
Lista de Quadros .....	09
INTRODUÇÃO .....	11
<b>I - A UNIDADE DE ENSINO: DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES</b>	
<b>SOBRE PRESSÃO ATMOSFÉRICA .....</b>	<b>16</b>
1.1 Os Pressupostos norteadores .....	17

1.1.1	O Construtivismo e o Ensino de Ciências .....	18
1.1.2	Concepções Espontâneas e o Ensino de Ciências .....	22
1.1.3	História da Ciência e o Ensino de Ciências .....	29
<b>II - A FORMAÇÃO DE PROFESSORES</b>	.....	<b>34</b>
2.1	As pesquisas sobre Formação de professores .....	35
<b>III - A PESQUISA</b>	.....	<b>56</b>
3.1	A metodologia .....	57
3.2	A amostra .....	59
3.3	O desenvolvimento das disciplinas de Prática de Ensino durante o 2º semestre de 2000 .....	61
<b>IV - ANÁLISE DOS DADOS</b>	.....	<b>85</b>
4.1	Metodologia de Análise dos Dados .....	86
4.2	Análise dos questionários escritos: o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo específico .....	88
4.2.1	Análise dos resultados do questionário prévio .....	88
4.2.2	Análise do questionário final e sua comparação com o inicial .....	104
4.3	Análise do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo .....	118
4.3.1	Conteúdo pedagógico do questionário final .....	119
4.3.2	Análise do processo de elaboração das atividades durante o semestre .....	121
4.3.3	Grupo 3 (Kátia, Mário) .....	132
a)	Plano de Aula .....	133
b)	Desenvolvimento da Aula .....	135
c)	Análise da aula pelos pares .....	140
4.3.4	Grupo 1 (Antônio, Sandro, Eduardo) .....	145
a)	Plano de Aula .....	145
b)	Desenvolvimento da Aula .....	148
c)	Análise da aula pelos pares .....	153
4.3.5	Grupo 2 (Amanda, Tereza) .....	158

a) Plano de Aula .....	158
b) Desenvolvimento da Aula .....	160
c) Análise da aula pelos pares .....	167
4.3.6 Dados finais de Sandro .....	171
a) Parte III do questionário final .....	171
b) Síntese da entrevista final .....	172
4.3.7 Dados finais de Amanda .....	174
a) Parte III do questionário final .....	174
b) Síntese da entrevista final .....	175
4.3.8 Dados finais de Mário .....	179
a) Parte III do questionário final .....	179
b) Síntese da entrevista final .....	179
<b>V - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	182
5.1 Considerações a respeito dos licenciandos .....	183
5.2 Considerações a respeito da licenciatura .....	191
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	195
<b>ANEXOS</b> .....	211
Anexo I: Algumas pesquisas realizadas sobre concepções espontâneas em pressão atmosférica .....	211
Anexo II: Origens e Evolução Histórica do conceito de pressão atmosférica .....	238
Anexo III: Questionário inicial .....	273
Anexo IV: Questionário final .....	283
Anexo V: Roteiro da entrevista final .....	288

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 01** - Porcentagem de estudos sobre concepções de estudantes em Biologia, Química e Física.



**Figura 02** - Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo a ação da pressão atmosférica sobre uma região de baixa pressão causada por aquecimento.

**Figura 03** - Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo a relação entre pressão atmosférica e gravidade.

**Figura 04** - Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo a relação entre pressão atmosférica e a indicação de um dinamômetro.

**Figura 05** - Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo embalagens fechadas a vácuo quando abertas no ar e submersas em água.

**Figura 06** - Uma bureta contendo um líquido colorido utilizada no levantamento das concepções dos alunos sobre pressão atmosférica.

**Figura 07** - Questão utilizada por Berg mostrando uma seringa em diferentes estágios de compressão.

**Figura 08** - Montagem experimental apresentada aos alunos.

**Figura 09** - Gravura da montagem realizada por Gasparo Berti por volta de 1641 defronte sua casa.

**Figura 10** - Montagem realizada por Berti para realização de experimento com vácuo.

**Figura 11** - Experimento realizado por Torricelli, em 1643, utilizando mercúrio.

**Figura 12** - Experimento de Torricelli: equilíbrio da pressão do ar com uma coluna de mercúrio e a formação do vácuo torricelliano.

**Figura 13** - Diagrama que ilustra o Princípio da Hidrostática conhecido por Torricelli e seus contemporâneos.

**Figura 14** - Modelo da primeira bomba de Guericke de 1632.

**Figura 15** - Gravura de 1672, mostrando a experiência dos Hemisférios de Magberburg de 1654.

**Figura 16** - Diagrama do primeiro modelo da bomba pneumática construída por Boyle.

**Figura 17** - Modelo da primeira bomba pneumática de Boyle juntamente com aparatos utilizados por ele na época.

**Figura 18** - Diagrama do aparato de Boyle para o experimento da remoção do ar acima do reservatório de mercúrio de um barômetro.

**Figura 19** - Algumas das montagens construídas por Boyle para realização de experimentos no vácuo.

**Figura 20** - Estrutura da segunda bomba pneumática de Boyle.

**Figura 21** - Segunda bomba pneumática montada por Boyle.

**Figura 22** - Jarro contendo o cilindro vertical conectado à chave giratória em que foi possível Boyle fazer um sino soar no vácuo.

**Figura 23** - Montagem realizada por Boyle, usada na tentativa de encontrar um meio mais sutil que o ar.

**Figura 24** - Seringa unida a uma pluma, usada por Boyle em seu novo experimento sobre o “meio sutil”.

**Figura 25** - Montagem realizada por Boyle para permitir que as plumas em formato de cruz caíssem no recipiente vazio.

## LISTA DE QUADROS

**Quadro I** - Algumas concepções mais comuns encontradas entre alunos sobre tópicos de Ciências.

**Quadro II** - Estudos sobre concepções espontâneas em diferentes áreas de concentração da Ciência.

**Quadro III** - Algumas atividades aplicadas por Seré em seu curso sobre propriedades físicas dos gases.

## INTRODUÇÃO

A melhoria da Educação no país passa pela questão política de investir na solução de problemas crônicos que afetam o setor. Um deles é oportunizar o ensino público, gratuito, laico e de qualidade a maior parcela possível da população, evitando assim que a omissão abra espaço para o investimento no setor por parte de grupos, nem sempre

sintonizados com objetivos adequados para políticas educacionais de países em desenvolvimento, por exemplo, instrumentalizar a população para que atinja patamares condizentes com os benefícios que a ciência moderna pode proporcionar, no caso específico da Educação em Ciências.

Nesse sentido, um elo importante entre o conhecimento historicamente acumulado, com o conhecimento a ser construído pelos alunos, é o professor, que tem entre uma de suas mais importantes tarefas, transformar o conhecimento específico do conteúdo, no conhecimento pedagógico. Aprimorar a formação deste profissional e suas condições de trabalho pode ser sinônimo de melhoria na qualidade do ensino.

Pesquisas, cujo objeto de investigação é a formação de professores, como as desenvolvidas por SHULMAN (1986), EISENHART *et al.* (1993), NÓVOA (1998), COCHRAN e JONES (1998), HASHWEH (1987), GROSSMAN *et al.* (1989), VILLANI e PACCA (1997), CARVALHO e GIL PÉREZ (1995) dentre outras, apontam caminhos importantes para uma melhor formação docente.

Dentre esta vasta gama de pesquisas, algumas delas destacam-se por apontar para o envolvimento de professores na atividade de pesquisa, pois esta seria uma maneira deste profissional vivenciar um processo em que muitas vezes os resultados já vêm prontos. AMARAL (1998) indica, por exemplo, inovações implantadas na área de Educação nos últimos vinte e cinco anos, que não têm levado em conta o professor como participante em suas elaborações. Estas pesquisas mostram a necessidade de o professor pesquisar sobre sua própria prática, rompendo com o modelo da 'racionalidade técnica' em que a atividade de pesquisar é vista como distinta à de ensinar. Pesquisar sobre a própria prática é trabalhar segundo uma postura reflexiva, conforme apontam vários pesquisadores da área como SCHÖN (1992), por exemplo.

Partindo do pressuposto inicial, de que a formação do professor é um fator fundamental na busca de uma Educação de qualidade e apoiados na idéia de que o docente é um profissional que deve refletir sobre sua própria prática, buscamos *investigar nesta pesquisa, através de uma turma de licenciandos em Física, alguns pressupostos levantados por pesquisadores da área e que podem trazer contribuições na tarefa de formar este profissional*. Para tanto, acompanhamos o desempenho de licenciandos cursando durante um semestre as disciplinas de Prática de Ensino de Física VI e VII e nos respectivos estágios supervisionados realizados em escolas públicas, do município de Bauru e região. No início do semestre foi também elaborado um amplo diagnóstico constituído de questionários para levantamento de suas concepções sobre História e Filosofia da Ciência e a respeito do conhecimento do conteúdo específico proposto para a elaboração das aulas: o conceito de pressão atmosférica.

Durante o semestre, os licenciandos elaboraram as atividades de ensino, numa abordagem construtivista, e estas foram posteriormente aplicadas a alunos do Ensino Médio. O tema proposto para as atividades foi pressão atmosférica, por se tratar de um assunto para o qual já dispúnhamos de um amplo material que serviu de base para os futuros professores trabalharem na elaboração das aulas. Durante o transcorrer daquele semestre, como apoio à elaboração dessas aulas, foram discutidos textos sobre o construtivismo no Ensino de Ciências, a influência das concepções espontâneas no ensino, a utilização da História da Ciência na elaboração de atividades de ensino, dentre outros.

A aplicação das atividades elaboradas em situação de sala de aula nas escolas foi filmada e trazida para as aulas de Prática de Ensino, como elemento para reflexão entre os colegas de turma. As discussões e reflexões oriundas da observação dos vídeos serviram de

base para investigar as práticas dos licenciandos, assim como as suas concepções implícitas sobre a atividade docente.

Esse material foi complementado com questões semelhantes levantadas ao final do semestre, permitindo, assim, investigar possíveis alterações de postura no decorrer de todo o processo.

No acompanhamento dessa turma durante um semestre e, portanto, no decorrer do período em que os licenciandos elaboraram suas aulas, algumas perguntas nortearam nossa pesquisa. SHULMAN (1986) aponta que os professores, quando fazem a transposição de um conteúdo específico para o ensino, estão utilizando o chamado ‘conhecimento pedagógico do conteúdo’. Essa foi, portanto, a questão principal pesquisada com os licenciandos no decorrer daquele semestre: ***quais foram os elementos abordados no curso que eles utilizaram para transformar o conteúdo específico num conteúdo ‘ensinável’ a seus alunos? E como estes elementos foram utilizados?***

Devido ao grande volume de material coletado, escolhemos três licenciandos e realizamos uma análise mais aprofundada da trajetória deles durante o processo, investigando deste modo, como eles elaboraram seus conteúdos pedagógicos.

Alguns autores de trabalhos da área apontam que muitos professores, mesmo ao terminarem seus cursos de formação, apresentam deficiências em relação ao conteúdo específico da disciplina que irão ensinar, o que também pôde ser observado com a maior parte dos licenciandos participantes desta pesquisa. Deste modo, este foi o segundo aspecto questionado: ***com base nos vários tipos de conhecimentos que SHULMAN (1986) aponta como necessários aos professores, questionamos se a elaboração de aulas para alunos de Ensino Médio pelos licenciandos contribuiu para ampliar os seus ‘conhecimentos do***

*conteúdo específico*'. Caso houvesse essa ampliação, indagamos ainda: *como isso se deu no processo de elaboração das aulas?*

Os referenciais adotados nesta pesquisa, os resultados obtidos e as possíveis implicações para a formação de docentes na área são apresentados nos capítulos subsequentes. Assim, no capítulo I apresentamos uma pequena síntese sobre os pressupostos teóricos que nortearam a Unidade de Ensino trabalhada com os licenciandos durante aquele semestre, tais como referenciais teóricos sobre o construtivismo e as concepções espontâneas. A História da Ciência também subsidiou a elaboração das atividades pelos futuros professores, que utilizaram um levantamento histórico sobre pressão atmosférica (Anexo I) que engloba desde as discussões entre filósofos na Antigüidade sobre a existência ou não do vácuo, passando pela consolidação do conceito, no século XVI, através dos experimentos de Torricelli e Pascal, chegando até a algumas aplicações do mesmo por alguns cientistas como Guericke e Boyle.

No capítulo II, apontamos para alguns resultados de várias pesquisas que foram realizadas na área de formação de professores e que indicam alguns pontos que podem contribuir para a formação desse profissional. Apresentamos ainda, brevemente neste capítulo, uma pequena reflexão sobre a formação de licenciandos nas Universidades. Numa última parte, levantamos alguns resultados de pesquisas que vêm apontando o professor como um profissional reflexivo. Todos os pressupostos presentes neste capítulo serviram de base para a análise final dos dados levantados durante a pesquisa.

A apresentação da amostra de licenciandos que participaram na elaboração das aulas é feita no capítulo III, seguida de uma ampla descrição de todas as atividades desenvolvidas com estes licenciandos durante aquele semestre.

No capítulo IV, é apresentada uma análise dos dados obtidos com os futuros docentes. Trata-se de resultados dos questionários aplicados no início e no final do processo, da transcrição das falas dos licenciandos no decorrer da elaboração das aulas e, posteriormente, nas discussões e reflexões sobre suas práticas com os alunos. As conclusões e possíveis implicações dos resultados obtidos fazem parte do capítulo V.

Nos *Anexos*, estão presentes alguns dos principais textos que nortearam a Unidade de Ensino trabalhada com os licenciandos, cópias dos questionários aplicados, e a seqüência das questões utilizadas na entrevista final. Os planos de aula elaborados pelos grupos da amostra fazem parte do *Apêndice*.



*“Ninguém ignora tudo, ninguém sabe tudo.*

*Por isso, aprendemos sempre”.*

*Paulo Freire, pedagogo pernambucano.*

## Capítulo I

---

### A UNIDADE DE ENSINO: DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE PRESSÃO ATMOSFÉRICA

#### 1.1 Os pressupostos norteadores

Durante o semestre em que os licenciandos da amostra elaboraram as atividades sobre pressão atmosférica para posterior aplicação em sala de aula, alguns elementos serviram como norteadores, no encaminhamento dado ao processo de construção dessas atividades. O principal foi o construtivismo, incluindo aí discussões sobre a importância de se considerar as concepções espontâneas e a História da Ciência no ensino.

A escolha por encaminhar as atividades de ensino para um referencial construtivista deu-se por acreditarmos que ele pode oferecer resultados mais promissores para a aprendizagem dos alunos, se comparado com o ensino tradicional, pautado no professor como centro do processo.

Por se nortear numa abordagem construtivista, cabe estar ressaltando um dos pilares em que tal referencial se sustenta, que são as concepções prévias dos alunos como marco

inicial da aprendizagem. Portanto, buscamos que os licenciandos tivessem contato com resultados de pesquisas que apontassem a presença de idéias prévias em alunos dos mais variados níveis de ensino e, especificamente, buscamos trabalhar as concepções espontâneas sobre pressão atmosférica, tema este utilizado na elaboração das atividades.

Esses resultados de pesquisa, previamente levantados pelo autor, foram organizados num texto<sup>1</sup> que serviu como material para os licenciandos estarem discutindo os vários tipos de concepções alternativas existentes entre os estudantes.

A História da Ciência também foi um pressuposto que subsidiou a elaboração das atividades pelos licenciandos, e o material utilizado, além dos textos que trazem discussões sobre como utilizá-la no ensino de Ciências, constituiu-se de um levantamento histórico elaborado pelo autor<sup>2</sup> e discutido em vários momentos com os licenciandos.

### **1.1.1 O Construtivismo e o Ensino de Ciências**

A Educação do Brasil, segundo DEMO (1996), é uma das mais atrasadas no plano mundial, tanto em relação ao modo como prepara os professores e os recapacita, quanto em relação a questões sobre o rendimento escolar dos alunos.

Focalizando mais nossa atenção no Ensino de Ciências e, mais especificamente no Ensino de Física, constata-se que ele se encontra estruturado praticamente nos mesmos moldes, desde quando a Física se iniciou como disciplina escolar no país. Segundo MEGID NETO e PACHECO (1998), a Física foi introduzida no currículo escolar brasileiro em 1837, com a Fundação do Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro. Portanto, segundo os

---

<sup>1</sup> Anexo II.

<sup>2</sup> Anexo I.

autores, por aproximadamente 160 anos seu ensino vem se mantendo com as mesmas características, ou seja, pautado na transmissão de informações através de aulas expositivas, na quase ausência de aulas experimentais, no ensino na, maioria das vezes, distante da realidade. Outra variante deste quadro deficiente é a ênfase nos exames vestibulares, baseado na resolução de exercícios puramente memorísticos e algébricos; numa visão distante da realidade científica.

A exposição pelo professor de conteúdos extraídos de maneira indiscriminada de livros didáticos é também outro fator considerado por ALMEIDA (2000) como um dos responsáveis pelas deficiências da educação atual. A autora indica que, além de as aulas pautarem-se, na maioria das vezes, nos livros-textos, sempre é dada maior importância para os conteúdos tradicionalmente trabalhados na disciplina como, por exemplo, cinemática; quase nunca sendo feitas referências a aspectos atuais da Física.

Segundo MEGID NETO e PACHECO (1998), este quadro estende-se a todo ensino de Ciências de modo geral e apresenta, basicamente, características semelhantes também em outros países.

Fazendo uma análise do quadro atual do ensino, tomando-se por base as atividades pedagógicas dos professores, com vistas ao aprendizado do aluno, o quadro também não se mostra animador. A maior parte dos professores carrega visões ingênuas a respeito dos processos mais prováveis pelos quais os alunos aprendem, o que os faz crer e reforçar em suas aulas, aspectos memorísticos, algorítmicos e repetitivos. Muitas vezes, a idéia predominante entre os docentes é a de que os alunos vêm para as aulas desprovidos de qualquer tipo de conhecimento sobre os temas a serem tratados. Segundo VILLANI (1984), dentro desta visão, a mente dos alunos é considerada como uma *tábula rasa*, sendo assim

tarefa do professor em sala de aula, fornecer, de modo claro e eficiente, fórmulas corretas com exercícios onde estas possam ser encaixadas.

Um referencial teórico que tem procurado questionar esta abordagem tradicional, mostrando resultados promissores na área da Educação, é o ‘construtivismo’. Ele é o norte no qual esta pesquisa se guiará, pautando todo o processo de elaboração das atividades pelos licenciandos.

O termo “construtivismo”, entretanto, pode ser utilizado para designar diferentes idéias. BASTOS (1998, p.9), aponta que “a idéia de construção está presente não apenas nas obras de Piaget e Vygotsky, mas também, nas de Carl Rogers (construção da pessoa humana e das relações interpessoais significativas) e nas de Paulo Freire (construção do homem novo, livre, consciente de sua historicidade.), sendo que todas elas compartilham a idéia de construção”.

Será considerado, dentro do enfoque desta pesquisa, o construtivismo em seu aspecto cognitivo. Este assume, como ponto fundamental, que o conhecimento não é transferido para a mente das pessoas e sim construído a partir das idéias previamente estabelecidas por elas. Isso é o que várias pesquisas, nas últimas décadas, vêm apontando; ou seja, que os alunos vêm para as salas de aula com idéias prévias sobre tópicos a serem trabalhados, idéias estas construídas espontaneamente através de sua interação com a natureza ou socialmente. Estas idéias são denominadas “concepções espontâneas”, também conhecidas por outras denominações, tais como “conceitos intuitivos”, “concepções alternativas”, “ingênuas”, “pré-concepções”.

Levar em consideração este pressuposto dentro do ensino *construtivista* é permitir ao aluno exercer o papel central na construção de seu próprio conhecimento, sendo que ele “não se limita a acumular passivamente as informações”; pelo contrário, tem um papel

ativo no processo de aprendizagem (DUARTE e FARIA, 1997). O papel do professor passa de ‘instrutor’, como é observado na maior parte das vezes no ensino tradicional, para o de ‘orientador’.

GIL PÉREZ *et al.* (1999) considera que papel do docente, no processo de ensino, deve ser o de um “diretor de pesquisas”, um orientador que participa do grupo-classe colocando novos problemas diante das descobertas que vão sendo construídas. Ele procura sistematizar as idéias dos alunos, conduzindo-os no processo de aprendizagem. Neste contexto, os alunos participariam de um programa de investigações como “pesquisadores novatos”.

Portanto, ao pensar um ensino numa abordagem diferenciada como o construtivismo, fazem-se necessárias reestruturações profundas, como no próprio currículo escolar, por exemplo. “Ele deve ser concebido como um programa de atividades que permita aos alunos, sob orientação do professor, investigar, sistematizar e testar seus conhecimentos, cumprindo no contexto de sala de aula os passos mais próximos aos da investigação científica” (SILVA *et al.* 1997, p.31).

Apesar de um forte posicionamento em favor de uma postura construtivista para o ensino, esta abordagem vem sofrendo algumas críticas por diversos pesquisadores da área. Chegou-se, por exemplo, segundo GIL PÉREZ *et al.* (1999), a apontar que o construtivismo, na verdade, tratava-se simplesmente de uma nova ‘moda’ e que conseqüentemente estaria fadado ao fracasso.

Estes autores entendem que estas idéias são oriundas de interpretações simplistas e estereotipadas, pois acreditam que o ensino construtivista trata-se de uma seqüência de passos rígidos e determinados, ou seja, primeiramente é preciso levantar as concepções dos alunos, em seguida gerar condições para que neles ocorra o conflito cognitivo e, por último,

modificar-lhes as concepções. O uso indiscriminado do termo ‘construtivismo’ em diferentes contextos fez com que se adotasse uma certa generalidade e desta forma, acabou-se por banalizá-lo.

GIL PÉREZ *et al.* (1999) apontam que a estratégia de ensino que se aproxima de uma concepção mais coerente com a orientação construtivista é o *tratamento de situações problemáticas abertas que os alunos possam considerar de interesse*, bastante distante, portanto, de uma proposta com receitas simplistas.

### **1.1.2 Concepções Espontâneas e o Ensino de Ciências**

O início dos estudos sobre as concepções espontâneas no campo da Psicologia, segundo DUARTE e FREITAS (1988) foi por volta dos anos sessenta, e originou-se como questionamento aos postulados behavioristas da primeira metade do século.

Também no domínio da psicologia, segundo os mesmos autores, valiosa foi a contribuição de Jean Piaget<sup>3</sup>, em seus trabalhos, na compreensão e formas de pensamento de crianças de várias idades sobre os mais variados assuntos. Ele utilizava, em suas pesquisas, atividades experimentais que despertavam o interesse das crianças sobre o tema a ser analisado e, através de entrevistas clínicas (técnica muito utilizada em ciências humanas), obtinha as mais diferentes idéias dos entrevistados sobre o assunto.

Outros nomes também se destacaram no estudo, como o de Ausubel. Reconheceu que os alunos apresentam idéias anteriores à aprendizagem, e as denominou de

---

<sup>3</sup> Jean Piaget (1896-1980), investigador e cientista suíço, interessou-se simultaneamente pelas áreas da filosofia, da zoologia, da psicologia e da psiquiatria, sendo hoje considerado uma das personalidades mais marcantes do pensamento científico contemporâneo (PIAGET e GARCÍA, 1987).

“precursores espontâneos”, “sub-verbais” ou “intuitivos” e que estes influenciam fortemente a futura aprendizagem (DUARTE e FREITAS, 1988). Segundo DUARTE e FREITAS (1988) vários estudos realizados, como por exemplo, os de Driver e Erickson (1983), Gilbert e Watts (1983), Driver e Tiberghien (1985), Osborne e Freyberg (1985) dentre outros, mostram que os estudantes vêm para a sala de aula com as suas diversas crenças sobre os mais variados assuntos, mesmo antes de terem recebido qualquer educação formal.

Para nomear estas idéias, vários termos foram usados, como por exemplo, “pré-conceito”, “concepções intuitivas”, “teorias ingênuas ou naturais”, “conhecimento prévio”, “concepções erradas” e “concepções alternativas”. Os termos “concepções intuitivas”, “ingênuas” ou “prévias”, dão a idéia de algo anterior à aprendizagem formal. Já o termo “concepções erradas”, apesar de não ser totalmente desconhecido, transmite uma visão “clássica” de que existem conceitos “certos” ou “errados” na ciência. “Concepções alternativas” apresenta uma visão mais dinâmica destas idéias, que podem até mesmo apresentar construções lógicas elaboradas com um certo “método científico” próprio de quem as constrói (DUARTE e FREITAS, 1988).

Estas idéias, por serem construídas espontaneamente, na maioria das vezes, estão em discordância com o conhecimento cientificamente aceito, logo, também diferenciado daquele ensinado pelos professores nas aulas de ciências. Por conhecimento científico, segundo DRIVER *et al.* (1999, p.32), entende-se

***“o conhecimento que é simbólico por natureza e socialmente negociado<sup>4</sup> . Os objetos da ciência não são os fenômenos da natureza, mas construções desenvolvidas pela comunidade científica”.***

Estas idéias, apesar de não estarem em total concordância com aquelas aceitas pela comunidade científica, apresentam certo grau de plausibilidade, e são fortemente apoiadas em experiências pessoais. Para as crianças, por exemplo, é totalmente implausível a idéia de que o ar tenha peso, já que ele “não cai”, uma vez que é perceptível que objetos que tenham massa caiam. Frases usadas quase que cotidianamente como “leve como o ar” acabam às vezes reforçando certos tipos de idéias (DRIVER *et. al.* 1999).

Exemplos que ajudam a mostrar como muitas vezes é incoerente à criança a visão que a ciência apresenta, podem ser retratados quando se estudam em Física, os movimentos. HASHWEH (1986, s.p) cita que

***“em um mundo cheio de atrito, objetos precisam ser empurrados para se mover; eles usualmente se movem na direção desses “empurrões”, e por fim entram em repouso novamente se nós paramos de empurrá-los. Então a noção de que velocidade é proporcional à força é amplamente adequada para interagir com objetos”.***

Em crianças com pouca idade, é comum também o uso de explicações do tipo animista ou finalista<sup>5</sup>. Um exemplo pode ser dado através da situação em que um carrinho

---

<sup>4</sup> Grifo nosso.



de brinquedo percorre uma pista reta. Para algumas crianças é “o carrinho que quis andar rápido” ou “o motorista gosta de dirigir em alta velocidade” (TEIXEIRA, 1985 *apud* CARVALHO *et al.* 1990).

Com o passar dos anos, novos elementos vão se incorporando às idéias mais simples e tornando-as mais complexas. HASHWEH (1986) explica que as idéias prévias dos alunos são muitas vezes resistentes à mudança, pois segundo ele

*“o fato de que as concepções não existem isoladas, mas fazem parte de uma certa ecologia ou paradigma, explica a persistência de algumas concepções: as relações com outras partes da estrutura cognitiva dão suporte para algumas concepções, isto é, fazem-nas plausíveis, embora essas concepções tenham limitações na interação com certas partes do mundo”.*

DUARTE e FARIA (1997) apresentam algumas das principais características do pensamento e das concepções das crianças. Segundo os autores, as concepções

- são fortemente influenciadas pela percepção e portanto, limitadas;
- são aplicadas em contextos específicos, mesmo que posteriormente haja contradição com outras idéias,
- possuem muitas vezes uma forte coerência.

---

<sup>5</sup> Explicação animista é aquela em que o sujeito utiliza como resposta conhecimentos que tem de si próprio, muitas vezes advindo de experiências pessoais com o próprio corpo. Explicações finalistas são aquelas que atribuem sempre uma finalidade para aquilo que observa (é feito para...) (FARIA, 1989).

MORTIMER (1994) apresenta uma maneira diferenciada de organizar as concepções espontâneas dos alunos, o chamado 'perfil conceitual'. Ele aponta que cada indivíduo apresenta um perfil conceitual específico para cada tema. Nele, há a permanência de várias idéias, em que as "ingênuas" convivem com as científicas, cada qual sendo usada em contextos apropriados. Segundo DRIVER *et al.* (1999, p.34),

***“ao invés de construir uma única e poderosa idéia, os indivíduos podem apresentar maneiras diferentes de pensar”.***

MORTIMER (1994) previu que o programa de pesquisas em concepções alternativas iniciava então um processo de esgotamento, evidenciado pela diminuição do número de artigos sobre concepções em temas centrais em Ciências. Porém, os resultados obtidos das inúmeras pesquisas sobre a aprendizagem, numa perspectiva construtivista, mostram claramente que dois fatores constituem um consenso em estudos da área:

- ***“a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento;***
- ***as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante<sup>6</sup> no processo de aprendizagem”*** (MORTIMER, 1994, p.57).

As diversas pesquisas, realizadas em diferentes partes do mundo, por vários pesquisadores da área, mostram, segundo MORTIMER (1994), que as concepções sobre os

---

<sup>6</sup> Grifo nosso.

diversos temas, apresentam um mesmo padrão de respostas, independente do país ou localidade em que foram pesquisadas.

As das primeiras pesquisas sobre “concepções espontâneas” dos estudantes foram realizadas por Viennot (1979), Watts e Zylberstajn (1981) e Driver (1985). DUARTE e FARIA (1997) que apresentam (Quadro I) alguns exemplos de concepções mais comuns entre os alunos sobre alguns tópicos em Ciências:

Tópico	Concepções alternativas
A Terra como astro	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “A Terra está no centro do sistema solar”;</li> <li>2. “A Terra está imóvel”;</li> <li>3. “A Terra apresenta diferentes formas, desde plana até esférica”.</li> </ol>
Energia	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. “A energia é uma espécie de combustível necessário ao funcionamento dos objetos e dos seres vivos”;</li> <li>5. “A energia gasta-se durante o funcionamento”;</li> <li>6. “Os seres vivos têm energia enquanto que alguns corpos precisam receber energia”;</li> <li>7. “Há corpos como o carvão e os alimentos, que têm energia armazenada”;</li> <li>8. “Energia é sinônimo de força”.</li> </ol>
Classificação dos seres vivos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “Animal é associado a vertebrado terrestre, especialmente a mamíferos comuns”;</li> <li>2. “O homem não é normalmente classificado como animal”;</li> <li>3. “Organismos aquáticos são peixes”;</li> <li>4. “A vegetação espontânea e as árvores não são consideradas plantas”;</li> <li>5. “Micróbio é associado a animal muito pequeno”.</li> </ol>

Quadro I: Algumas concepções mais comuns encontradas entre alunos sobre tópicos de Ciências.  
(Fonte: DUARTE e FARIA, 1997, p.70)

Um dos mais completos levantamentos bibliográficos sobre as pesquisas em “concepções espontâneas” de alunos e professores em diversos países foi organizado por PFUNDT e DUIT (1994). Este trabalho divide as pesquisas por áreas de conhecimento, onde há predomínio de trabalhos realizados em Física.

ÁREA GERAL	TÓPICOS ESPECÍFICOS
------------	---------------------

<b>MECÂNICA</b>	Força e movimento; trabalho; energia; velocidade; gravidade; pressão; densidade; flutuação; “afundamento”.
<b>ELETRICIDADE</b>	Circuitos simples e ramificados; estruturas topológicas e geométricas; modelos de fluxo de corrente; corrente; voltagem e resistência; eletromagnetismo; perigos da eletricidade.
<b>PARTÍCULAS</b>	Estruturas da matéria; explicações de fenômenos (por exemplo, calor, estados da matéria etc); concepções de átomo; radioatividade.
<b>ÓTICA</b>	Luz; propagação da luz; visão; cor.
<b>ENERGIA</b>	Transformação de energia; conservação; degradação.
<b>CALOR</b>	Calor e temperatura; transferência de calor; dilatação; aquecimento; mudança de estado; ebulição; solidificação; explicação de fenômenos sobre calor no modelo de partículas.
<b>ASTRONOMIA</b>	Forma da Terra; concepções de universo; características da atração gravitacional; satélites.
<b>FÍSICA “MODERNA”</b>	Física quântica; relatividade especial.
<b>BIOLOGIA</b>	Nutrição vegetal; fotossíntese; osmose; vida; origem da vida; evolução; sistema circulatório humano; genética; saúde; crescimento.
<b>QUÍMICA</b>	Combustão; oxidação; reações químicas; transformações de substâncias; equilíbrio químico; símbolos; fórmulas; conceito de mol; eletroquímica.

Quadro II: Estudos sobre concepções espontâneas em diferentes áreas de concentração da Ciência.  
(Fonte: PFUNDT e DUIT, 1994, p.25)



Figura 01: Porcentagem de estudos sobre concepções de estudantes em Biologia, Química e Física.  
(Fonte: PFUNDT e DUIT, 1994, p.26)

Especificamente no caso da Física, muitas pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem de conceitos foram conduzidas no Brasil. Dentre os estudados, apontamos o de quantidade de movimento (CARVALHO, 1986), o de velocidade angular (SILVA, 1990) e o de campo de força (NARDI, 1991), dentre outros.

Partindo do pressuposto de que os alunos não vêm para a sala de aula para que sua mente deva ser preenchida pelo saber do professor, cria-se um outro enfoque ao ensino e um novo papel para o professor. No ensino tradicional, é comum o professor desprezar o que o aluno já sabe para então reiniciar um novo conhecimento, que deve ser colocado no lugar onde supostamente antes não havia nada e, buscando tratar o conteúdo de maneira clara e ordenada, o resultado seria uma “boa fixação” por parte dos alunos (VILLANI, 1984, p.83).

No enfoque construtivista, as contribuições do aluno passam a fazer parte do processo, ou seja,

*“[...] não tem sentido o educador utilizar-se de velhos chavões como certo/errado, verdadeiro/falso, melhor/pior etc, para interpretar os supostos “erros” de aprendizagem, e sim considerá-los estágios de uma evolução, interpretando-os como necessários e importantes dentro do processo (NARDI, 1994, p.105).*

Muda-se a maneira de encarar o processo de ensino, de modo que o papel do aluno transforma-se de “passivo” para “ativo” no processo de *construção do conhecimento*. Segundo CARVALHO *et al.* (1990, p.63)

*“optar por um ensino construtivista é, portanto, considerar relevantes as idéias dos alunos [...]”.*

Assim, cabe ao professor, segundo DUARTE e FARIA (1997), ouvir os alunos, a fim de compreender e valorizar as idéias prévias que eles levam para as aulas de Ciências. Este seria um dos pontos principais de partida para a ação didática.

### **1.1.3 História da Ciência e o Ensino de Ciências**

O conhecimento, que se pode considerar como uma construção elaborada pelos mais diversos pesquisadores durante o decorrer do tempo, para LEITE (1994) apresenta duas facetas básicas: ele é, ao mesmo tempo, produto e processo. Enquanto encarado como ‘produto’, encerra uma visão estática, acumulativa, que encobre a realidade conflituosa, resumindo-se num conjunto de informações neutras, lógicas e impessoais sobre a investigação da realidade. Quando é encarado como ‘processo’, é dinâmico, traz controvérsias, divergências e interesses que trazem à tona seu caráter de não neutralidade; ele é a própria vivência, é o provisório e inacabado.

Segundo o autor, o caráter revolucionário do ‘conhecimento-processo’ e do ‘conhecimento-produto’ é determinado pela questão da historicidade. O conhecimento deste modo é encarado como um produto histórico, sendo que no ‘processo’ ele é a própria história.

O que se tem presenciado, atualmente, em situações de sala de aula, é um distanciamento do ensino da Ciência ‘processo’ em relação à Ciência ‘produto’. A História da Ciência, segundo pesquisas na área, torna-se uma ferramenta útil na busca de uma melhoria para este quadro.

Autores como MEDEIROS e BEZERRA FILHO (2000, p.108) afirmam que “a compreensão dos modos pelos quais o conhecimento científico tem sido

historicamente construído, parece algo tão importante de ser compreendido quanto os conteúdos em si mesmos”, ressaltando que a Ciência não pode ser ensinada como um dogma inquestionável.

Em relação à atual situação em que se encontra a História da Ciência, no ensino, muitos problemas e dificuldades são apontados. BASTOS (1998, p.43) indica alguns, dentre eles:

- incorre em erros factuais grosseiros;
- menospreza as relações entre o processo de produção de conhecimento na Ciência e o contexto social, político, econômico e cultural;
- apresenta os conhecimentos científicos como uma progressão de via única e feita exclusivamente por meio de descobertas fabulosas realizadas por cientistas geniais;
- enfatiza demasiadamente o paradigma presente, menosprezando a importância das correntes científicas divergentes das atuais, desperdiçando, portanto, a riqueza dos debates ocorridos no passado, as discontinuidades entre passado e presente etc;
- estimula a idéia de que os conhecimentos científicos da atualidade são verdades imutáveis.

Deste modo, vários são os fatores que fazem com que, mesmo utilizando a História da Ciência no ensino, esta ainda acarrete visões distorcidas do real processo de construção da ciência.

A utilização da História da Ciência no ensino tem sido enfatizada basicamente segundo dois aspectos: (a) como conteúdo de ensino em si mesma e (b) como fonte de inspiração para definição de conteúdos e para a proposição de atividades de ensino (BASTOS, 1998).

PIAGET e GARCIA (1987), por exemplo, consideram que a evolução das idéias nos alunos se dá de maneira semelhante às idéias apresentadas por filósofos ou cientistas, ou seja, idéias e conflitos que surgiram em pelo menos algumas etapas da História da Ciência. Esta é uma das abordagens que se dá para sua utilização, uma vez que se pode tentar traçar algumas analogias entre o desenvolvimento das idéias de períodos históricos, com a dos alunos. Contudo, este paralelismo não deve ser levado ao extremo, numa visão ingênua, tecendo ponto a ponto uma teia entre concepções de outros períodos com as dos alunos atuais (SALTIEL e VIENNOT, 1985).

Esta relação com as concepções dos alunos pode ser justificada, segundo BASTOS (1998), pelo fato de que o conhecimento tende a se transformar quando passa por períodos de conflitos. Portanto, na Ciência, assim como na vida cotidiana, as teorias e hipóteses que explicam adequadamente a realidade podem ser mantidas, por tempo indefinido, surgindo a necessidade de sofrer reestruturações, principalmente, quando as pessoas se defrontam com fatos novos que não são, à primeira vista, possíveis de explicar, ou com situações problemáticas que impliquem soluções práticas ainda não conhecidas.

Dentro desta visão, portanto, muitos pesquisadores em Ensino de Ciências acreditam que a aprendizagem de novos conteúdos passa por mudanças conceituais muito parecidas com aquelas observadas nas revoluções científicas (BASTOS, 1998), o que pode levar o professor a buscar auxílio no desenvolvimento histórico de conceitos, encontrando pontos de ruptura em sua evolução.



Estes obstáculos na superação das teorias no decorrer da história e que, muitas vezes, são encontrados também na evolução do sistema cognitivo do aluno, são os chamados “obstáculos epistemológicos”. Entretanto, como ressaltado anteriormente, não significa postular um rígido paralelismo entre a História da Ciência e o desenvolvimento da inteligência e do conhecimento individual, uma vez que, “o aluno atual vive, pensa e constrói seus conhecimentos em uma sociedade diferente da qual se produziram os conhecimentos que se deve reproduzir em classe” (GAGLIARDI, 1988, p.293). O importante é “ler nessas experiências paralelas possíveis situações com as quais podemos nos defrontar ao analisar processos de construção como a aprendizagem” (NARDI, 1991, p. 63).

Porém, algumas críticas são tecidas em relação à utilização da História da Ciência como uma das alternativas para a melhoria do ensino de ciências. BASTOS (1998, p.56), através de um levantamento de pesquisas da área aponta as principais:

- Falta de espaço suficiente nos currículos escolares para uma adequada apresentação da História da Ciência;
- Tendência à simplificação, mutilamento e distorção de fatos históricos;
- Difícil compreensão para os alunos de hoje dos contextos específicos em que os cientistas trabalhavam;
- Fator de confusão e não de esclarecimento, pois expõe o aluno a idéias, problemas, conceitos, teorias e metáforas que já foram descartados e substituídos por outros;
- Fator de desmotivação, pois os alunos estão interessados em conhecimentos atualizados.

Contudo, através da análise de experiências pedagógicas realizadas, o pesquisador aponta fortes evidências que permitem apontar que muitos destes argumentos não se sustentam, indicando, portanto, aspectos positivos em favor da viabilidade do uso da História da Ciência no ensino (BASTOS, 1998).

Desta forma, pode-se entender que a evolução histórica encerra uma importância pelo menos significativa como subsídio para o professor tanto na reflexão do processo de aprendizagem escolar quanto na construção do ensino, posturas estas que foram trabalhadas com os licenciandos participantes desta pesquisa.

*“Ensinar é lembrar aos outros que eles sabem tanto quanto você.*

*Vocês são todos aprendizes, fazedores... professores”.*

*Richard Bach, escritor americano.*

---

## Capítulo II

### A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

#### 2.1 As pesquisas em Formação de Professores

Ao contextualizar a evolução do ensino de ciências nas últimas décadas e analisar a questão da Educação e da formação de professores no Brasil, KRASILCHICK (1987) relaciona a várias causas, muitas delas extrínsecas ao sistema educacional. No período pós-guerra, por exemplo, quando os objetivos eram de aprimorarem aspectos científicos e tecnológicos, foi dada maior ênfase à formação de lideranças; em períodos de democratização, à formação de cidadãos conscientes.

Dependendo da política educacional vigente, aos professores cabiam papéis ou objetivos diversos, segundo ALMEIDA (2000). Deste modo, a busca de um professor como mero transmissor de conteúdos foi adequada à chamada *escola tradicional*; o papel de facilitador da aprendizagem, à escola nova e, o de aplicador de meios e técnicas adequadas, na *tecnicista*.

A autora aponta ainda que o esperado do aluno nestas três tendências pedagógicas é “que o estudante aprenda os conteúdos, aprenda a aprender ou aprenda qualificações técnicas”, respectivamente (idem, p.22).

Atualmente o enfoque é dado à “formação do professor-pesquisador, ou seja, ressalta-se a importância da formação do profissional reflexivo;<sup>7</sup> aquele que “pensa-nação”, cuja atividade profissional se alia à atividade de pesquisa (SCHÖN, 1992, p.41). Segundo GARCÍA (1992) *apud* ABIB (1996, p.68), vários termos são usados atualmente para designar este enfoque, tais como “prática reflexiva, reflexão-nação, professor como investigador na ação, professores como controladores de si mesmos etc”.

Acreditamos, assim como SCHÖN (1992), o fato de o profissional refletir sobre sua ação, torna-o um pesquisador no contexto prático, o que vai contra a concepção comum sobre a área educacional, ou seja, a de que o *ensino e pesquisa* são entidades separadas. Esta idéia está baseada, segundo SCHÖN (1992), no modelo da ‘racionalidade técnica’, derivada do positivismo; postura esta em que o professor é visto como um aplicador de técnicas derivadas do conhecimento científico.

Segundo SILVA e SCHNETZLER (2000), os currículos baseados na ‘racionalidade técnica’ tendem a separar o mundo acadêmico do mundo da prática. Neles, as disciplinas em que se “aprende” os conhecimentos específicos aparecem ao início dos cursos de formação, seguidas ao final, com as de aplicação do conhecimento.

Para SCHÖN (1983) *apud* PÉREZ GOMEZ (1992, p.98), este modelo está baseado na idéia de que o desenvolvimento de competências profissionais deve vir só após o conhecimento científico básico, ou seja, “em primeiro lugar, não se pode aprender

---

<sup>7</sup> Grifo nosso.

competências e capacidades de aplicação enquanto não se estiver aprendido o conhecimento”.

Para ZEICHNER (1993), segundo a lógica da ‘racionalidade técnica’, as teorias estão presentes exclusivamente nas Universidades, enquanto a prática existe apenas nas escolas.

Segundo PÉREZ GOMEZ (1992, p.100), dois pontos fundamentais que indicam que o modelo da ‘racionalidade técnica’ não pode ser considerado como uma solução aos problemas da Educação e formação de docentes:

*“em primeiro lugar, porque qualquer situação de ensino, quer seja no âmbito da estrutura das tarefas acadêmicas ou no âmbito da estrutura de participação social, é incerta, única, variável, complexa e portadora de um conflito de valores na definição das metas e na seleção dos meios; em segundo lugar, porque não existe uma teoria única e objetiva que permita uma identificação unívoca de meios, regras e técnicas a utilizar na prática, uma vez identificado o problema e clarificadas as metas”.*

O modelo da racionalidade técnica enfatiza a divisão entre o saber e o fazer, conforme apontado acima, ou seja, divide o suposto saber do pesquisador, o *conhecimento específico*, do saber do professor, o *conhecimento pedagógico*. Fazendo uma análise histórica, convém destacar que estes conhecimentos tiveram graus de importância diferente em outros períodos. Segundo SHULMAN (1986), por volta do final do século XIX, o conhecimento do conteúdo específico para o ensino era o ponto primordial a ser considerado na seleção de professores. Mais recentemente, por volta de 1980, maior ênfase

foi dada ao processo pelo qual o ensino é praticado em sala de aula, ou seja, ao *conhecimento pedagógico* do professor.

Segundo SHULMAN (1986), parece sempre haver na Educação uma quebra entre esses dois tipos de ênfases; uma cisão entre conteúdo e prática. O autor propõe a existência de um ‘ponto cego’, ou ‘paradigma ausente’, que caracteriza o atual ensino e pesquisa em ciência.

Atualmente é proposto, como enfatizado anteriormente, a busca de um profissional como um prático que reflita sobre suas atitudes, que pesquise sobre suas próprias ações (SCHÖN, 1992), uma vez que se percebe que grande parte dos professores assumem posições sobre o processo de ensino e o papel docente baseadas em concepções do senso comum, assumindo posições acríticas adquiridas ao longo do tempo por introjeções de valores dominantes sem antes terem passado por um processo de reflexão (LUCKESI, 1994).

Segundo ABIB (1996, p.61), o perfil da maioria dos professores atualmente se enquadra dentro das seguintes características:

- *reproduz as relações desarticuladas que predominaram em sua prática;*
- *apresenta, na maioria das vezes, uma prática centrada na transmissão/recepção/fixação dos conteúdos, que são encarados como neutros e estáticos;*
- *apresentam resistência às mudanças;*
- *não têm consciência da importância de seu papel político;*

Lee Shulman é um dos pesquisadores que estuda a relação entre os professores e o conhecimento que estes têm dos conteúdos que ensina, assim como a maneira que os docentes ‘transformam’ conhecimentos científicos em ‘conhecimentos ensináveis’ em sala de aula.

Para SHULMAN (1986), o conhecimento dos professores enquadra-se em três categorias: *o conhecimento do conteúdo da disciplina, o conhecimento do conteúdo pedagógico e o conhecimento curricular.*

- *Conhecimento do conteúdo da disciplina:* é caracterizado como sendo o corpo de conhecimentos que os professores têm em mente;
- *Conhecimento do conteúdo pedagógico:* é o conhecimento da disciplina transformado às necessidades do ensino. Ele engloba todas as estratégias que os professores usam, desde o reconhecimento das idéias prévias dos estudantes, até a elaboração de analogias, exemplos, ilustrações etc.
- *Conhecimento curricular:* refere-se ao conhecimento da estrutura em que o ensino de um conteúdo está inserido; saber qual o melhor momento para inserir um novo assunto ou selecionar outros, da mesma forma que um médico conhece uma gama de tratamentos disponíveis para uma determinada moléstia.

Para SHULMAN (1986), um ensino eficiente é aquele em que os professores podem articular estes vários tipos de conhecimentos, podendo fazer com que eles caminhem juntos, ou seja, conteúdo e processo<sup>8</sup>.

Dentre os pontos indicados pelo pesquisador, o estágio de transformação de um conteúdo para o ensino é um item de destaque na atividade do professor. Segundo cita NORTON (1997), Shulman divide este estágio em cinco etapas: preparação, representação, seleção, adaptação e modelagem às características dos estudantes. Na preparação, o professor estrutura a matéria a ser ensinada; na representação, ele busca exemplos, analogias sobre o modo a trabalhar o tema; na seleção ele transforma as idéias dos alunos em formas instrutivas e adapta os conteúdos ao modo de vida ou a cultura do aluno.

Autores como BUCHMAN (1985), citado por NORTON (1997), criticam o modelo de raciocínio proposto por Shulman. Buchman aponta que o professor não busca raciocinar em torno dos fins, num processo racional. O autor enfatiza que um componente importante no raciocínio do professor é a *intenção*.

Segundo GERALDI *et.al.* (1998), Sockett critica o chamado ‘conhecimento pedagógico do conteúdo’, indicado por Shulman, quando aponta que ele ignora o contexto em que o professor está inserido, não podendo, o conhecimento dos professores, ser discutido em termos da instrumentalidade para implementar um ideal pedagógico, ou seja,

*“o conhecimento pedagógico não pode ser descrito simplesmente como um conhecimento de técnicas para implementar um ideal de ensino, com isso, negligenciando o contexto”* (GERALDI *et.al.*, 1998, p.140).

---

<sup>8</sup> Grifo nosso.



Apesar de nos últimos tempos as pesquisas reforçarem a importância do *conhecimento pedagógico* dos professores, não se pode descartar o *conhecimento do conteúdo específico*.

Existem muitas pesquisas na literatura sobre Educação em Ciências indicando como os tipos de conhecimento específico afetam positivamente ou negativamente a prática docente. Esses trabalhos também buscam caminhos ou estratégias para prover futuros professores de práticas eficazes.

Segundo BEJARANO (2001), o trabalho de FULLER (1969) foi um dos marcos no estudo do desenvolvimento profissional dos docentes. As pesquisas de FULLER mostram três fases em que os professores novatos atravessam:

- a chamada *fase do 'pré-ensino'*, em que eles ainda não apresentam preocupações relativas ao ensino, pois ainda não tiveram um contato direto com experiências reais;
- após um primeiro período de experiência como professor, surge a *fase das preocupações com eles próprios*, referentes ao seu desempenho, sua auto-imagem, preocupação com aspectos do conteúdo, controle da sala etc;
- uma última fase consiste na *mudança do foco de atenção de sua própria figura para a figura do estudante*, preocupando-se, portanto, com a aprendizagem destes (FULLER, 1969 *apud* BEJARANO, 2001).

Convém ressaltar que essas fases propostas pelas pesquisas de FULLER não podem ser vistas de maneira linear, pois segundo resultados encontrados por BEJARANO (2001), vários fatores pessoais podem alterar a ordem em que elas foram apresentadas, tais como,

características pessoais do professor, aspectos sentimentais em relação à profissão, experiências positivas etc.

Outras pesquisas da área buscam esclarecer como se dá a formação do professor em seu período inicial como profissional docente. COCHRAN e JONES (1998), por exemplo, pesquisaram sobre o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo específico em professores novatos e experientes e buscaram traçar um paralelo entre estes. Eles apontam, assim como GARNETT e TOBIM (1988) que, apesar do conhecimento específico ser considerado basicamente como condição primordial à docência, ele não é garantia de um ensino eficaz.

Segundo MEDEIROS e BEZERRA FILHO (2000, p.109), nem mesmo “um certo embasamento filosófico é condição suficiente para que o professor desenvolva em sala de aula uma atitude compatível com as convicções que parece esposar”.

Os resultados de suas pesquisas indicam que os professores, com um melhor conhecimento do conteúdo específico fazem menos perguntas aos estudantes e deixam que perguntem mais, propiciando uma melhor interação; usam mais estratégias nas quais a classe toda se envolve. Em contraposição, o pouco conhecimento do conteúdo a ser ensinado por parte do docente parece relacionar-se aos baixos níveis de participação dos estudantes nas aulas e uma grande dependência do livro-texto pelo professor. Os alunos só participam de trabalhos quando ficam sentados e quietos executando tarefas.

Este fato, em primeira instância, poderia levar à idéia de que os alunos aprendem mais com professores que têm um conhecimento maior sobre o conteúdo específico que ensinam. Porém, GROSSMAN *et al.* (1989) afirmam que parece não existir uma relação direta entre um caso e outro. A idéia de dependência da aprendizagem do aluno ao conhecimento do professor vem sendo rejeitada gradativamente. Segundo ANDRÉ (1997),

uma pesquisa realizada no Chile aponta que não existe uma relação direta entre o nível de formação do docente e o rendimento escolar dos alunos.

O que não pode ser desprezado, segundo pesquisas realizadas por GROSSMAN *et al.* (1989) e DOSTER *et al.* (1997), é a influência do conhecimento do conteúdo específico no como<sup>9</sup> os professores conduzem o processo de instrução. Acredita-se que as crenças sobre o conteúdo da disciplina influenciam diretamente nas escolhas que os docentes fazem sobre o que é importante ensinar ou não.

Esta influência direta no processo de ensino foi observada na pesquisa de GARNETT e TOBIN (1988), em que os autores investigaram práticas consideradas exemplares de dois professores de Química. Foi observado nestes docentes que suas habilidades para usarem questões apropriadas, introduzir um novo conteúdo de uma maneira mais propícia ou ligar os vários conteúdos das lições anteriores com as próximas, estavam diretamente relacionadas ao excelente conhecimento do conteúdo de Química que eles possuíam. Além deste tipo de conhecimento, eles possuíam um conhecimento pedagógico do conteúdo essencial para ensinar Química.

Assim como o conhecimento aprofundado dos conteúdos pode afetar as práticas dos docentes em sala de aula, o mesmo ocorre na falta desses. Segundo WALLACE e LOUDEN (1992), quando um certo conhecimento não é familiar aos professores, além de se aterem ao livro didático para buscarem conhecimento, eles evitam ensinar os conteúdos que desconhecem. Segundo FAVETTA (2000), problemas como esses acabam até mesmo por impedir os professores de proporem inovações e abertura de diálogo com os alunos.

Em uma pesquisa realizada com docentes de Ensino Fundamental, foi possível identificar que a falta de um domínio em relação ao conteúdo fez com estes

---

<sup>9</sup> Grifo nosso.

professores optassem muitas vezes por deixarem as aulas de ciência para estagiários, afirmando que ocorre dos alunos saberem mais sobre o conteúdo do que eles próprios:

*“[...] os danados sabem mais eletricidade do que eu, nem sempre vou saber responder todas as perguntas e aí então a situação vai ficar muito difícil de ser controlada”* (SILVA, 1996, p.78).

HASHWEH (1987) trabalhou com professores de Física e Biologia. Na pesquisa, os docentes da área de Biologia trabalharam em sala de aula com alguns conceitos de Física aos quais não estavam muito familiarizados (trabalho e força) e, por sua vez, os professores de Física trabalharam com conceitos de Biologia (respiração celular). As aulas foram estruturadas pelos docentes com base nos conteúdos dos livros-textos fornecidos.

Das análises feitas, notou-se, segundo o autor, que as concepções prévias sobre o assunto ensinado influenciaram fortemente alguns aspectos das aulas, como oportunidades de explorar situações frutíferas com os alunos ou mesmo interpretar comentários corretos. Além disso, muitos conceitos errôneos foram embutidos nas aulas e estes foram passados diretamente aos alunos.

Baseando-se nestes resultados, HASHWEH (1987) aponta para o cuidado que se deve ter nos cursos de formação, uma vez que freqüentemente os docentes dão aulas em outras áreas da ciência nas quais estão pouco preparados.

Num trabalho realizado por GROSSMAN *et al.* (1989) com professores novatos, percebeu-se que muitas das deficiências desses docentes eram supridas no próprio processo de ensino, ou seja, aprendiam enquanto preparavam as aulas. Isto se deve em parte à má formação oferecida por muitos dos cursos de preparação, dos quais os futuros professores

saem com deficiências no próprio conteúdo que terão de ensinar. Os autores apontam que muitas vezes os professores irão reconhecer suas deficiências em relação ao conteúdo, quando se defrontarem com situações práticas.

SIMON VEENMAN (1984) *apud* GARCÍA (1992, p.66) aponta para o termo “choque de realidade”, e respeito das situações pelas quais passam muitos professores no seu primeiro ano de docência, tratando-se de um período de grande aprendizagem, “quase sempre do tipo ensaio-erro, marcado por uma lógica de sobrevivência”.

Fato como este é apontado por GROSSMAN *et al.* (1989) ao se referirem a um dos docentes analisados em suas pesquisas. Ele somente percebeu sua carência em muitos aspectos quando precisou ensinar sobre classificação dos seres vivos, fato este que o motivou a aprender mais sobre o assunto. Os autores ressaltam que seu conhecimento em relação aos conteúdos específicos foram sendo melhorados vagarosamente e não de maneira abrupta, com muitos pensam que ocorrem.

Outros fatores podem fazer com que os docentes percebam possíveis deficiências em seu conhecimento do conteúdo. VILLANI e PACCA (1997) apontam que discussões sobre experimentos de laboratório, textos históricos ou mesmo um filme didático, ajudam os professores a reconhecerem que, muitas vezes, seus conhecimentos científicos são limitados ou mesmo mesclados a conhecimentos do senso comum. Segundo os autores,

*“A percepção de estar usando concepções espontâneas, mesmo em problemas simples, torna para eles inadiável a necessidade de uma reflexão mais profunda sobre o conteúdo efetivamente dominado e sobre sua coerência”.*

WALLACE e LOUDEN (1992) também realizam um estudo de caso com quatro professores canadenses de ensino básico, investigando como estes adquiriram o conhecimento do conteúdo específico. Os autores indicam que o conhecimento dos professores não se desenvolve em saltos ou 'insights', como apontado anteriormente por GROSSMAN *et al.* (1989). Isso envolve um processo de experimentação com estratégias de sala de aula, reformulações de idéias antigas, tentativas de novas idéias e soluções de problemas.

Deste modo, acreditamos que é importante que os licenciandos tenham oportunidades de estarem em contato com a sala de aula mais tempo durante seu período de formação, do que geralmente têm (COCHRAN e JONES, 1998).

A experiência em sala de aula também indica ser um fator que pode contribuir na formação do docente, como indicado através de pesquisas realizadas com professores com maior tempo de serviço. COCHRAN e JONES (1998) compararam o conhecimento do conteúdo específico de professores novatos, professores experientes e pesquisadores. Os professores com maior tempo de serviço apresentam, segundo os autores, estruturas conceituais mais complexas que os novatos, o que mais uma vez vem indicar a necessidade que futuros professores, em seus cursos de graduação, tenham experiências de ensino mais cedo. Em relação ao conhecimento dos pesquisadores, os autores apontam que devido à própria natureza do seu trabalho, que geralmente é lidar com testes de novas hipóteses, apresentam uma estrutura cognitiva mais flexível.

O *conhecimento pedagógico*, segundo SHULMAN (1986), durante uma certa época, também foi considerado como medida da capacidade docente. Numa retrospectiva histórica, SHULMAN (1986, p.7) aponta que no período medieval, o conhecimento de uma

pessoa era avaliado pela sua capacidade para ensinar. Portanto, naquela época, “o que distinguia um homem que sabe de um ignorante era sua habilidade para o ensino”.

Segundo COCHRAN e JONES (1998), o conhecimento de um conteúdo específico torna-se um conteúdo pedagógico quando o professor reflete sobre ele, adapta materiais com as habilidades dos estudantes ou com suas concepções; encontra maneiras para representar a informação usando analogias, exemplos, metáforas etc. Para os autores, a conexão entre o conhecimento do conteúdo específico e o pedagógico se dá de maneira mais clara e sofisticada através de experiências de ensino. Existem na literatura da área diversas propostas dos tipos de conhecimento que são desejáveis aos docentes, segundo concepções dos mais variados pesquisadores no assunto. EISENHART *et al.* (1993), por exemplo, classificaram o conhecimento dos professores em duas categorias: conhecimento regido por procedimentos (procedimental) e regido por conceitos (conceitual).

Segundo EISENHART *et al.* (1993), conhecimento procedimental é aquele que se refere às práticas algorítmicas, definições e regras para resolução de problemas. O conhecimento conceitual refere-se ao entendimento da estrutura básica do conteúdo, das relações e interconexões que explicam o significado de um procedimento.

As pesquisas atuais, segundo EISENHART *et al.* (1993), mostram que a maior parte dos professores gasta mais tempo em suas aulas trabalhando conhecimentos procedimentais com seus alunos, quando pouco tempo é dado ao conceitual. Essa influência pode ser advinda da própria Universidade ou mesmo do ambiente escolar, segundo os autores.

Ms. Daniel, pseudônimo usado por uma das professoras participantes da pesquisa de EISENHART *et al.* (1993), em análise a algumas entrevistas realizadas, confessou trabalhar com algoritmos em suas aulas, e o faz “até os alunos gravarem em suas mentes”, segundo ela. Outro fator que impeliu Ms. Daniel a usar algoritmos, foi seu conhecimento pouco

aprofundado do conteúdo em que ensinava, segundo apontam resultados da pesquisa. Uma das estratégias que essa professora utilizava, quando defrontada com suas limitações, era a utilização de mnemônicos para ajudar os alunos a recordarem-se dos algoritmos. Ao trabalhar, por exemplo, a área de uma circunferência, por desconhecer a explicação conceitual para o valor de  $\pi$  (pi), ela fez a seguinte relação aos alunos para a inclusão do valor da constante no cálculo da área:

*“[...] um círculo é como uma **torta** (em inglês, **pie**)... e o pi é um amigo que sempre temos ao nosso lado quando estamos trabalhando com círculos” (EISENHART et al. 1993, p.18).*

Para recordar o uso do raio no cálculo de área, ela relatou:

*“Pense sobre ele. Área tem o som de “r” (em inglês).  
Á-R-E-A e raio!” (Idem, p.18)*

Porém, suas aulas não foram todas com uso de algoritmos. Houve algumas atividades em que o conhecimento conceitual foi trabalhado. Isso aconteceu em atividades sobre volume de sólidos, quando ela trabalhou com alunos em grupos e usou materiais concretos para auxiliarem no entendimento da fórmula para o cálculo do volume de um cubo. Porém, sua falta de conhecimento do conteúdo e mesmo do conteúdo pedagógico limitou suas capacidades para estar mais tempo abordando este tipo de atividade, o que só ocorreu, portanto, esporadicamente (EISENHART et al., 1993).



Segundo WALLACE e LOUDEN (1992), muitos professores quando defrontados com suas próprias deficiências, tendem a apontar outros fatores como responsáveis pelos problemas, tais como falta de tempo para preparação das aulas, currículos ‘apertados’ ou mesmo falta de material. Conforme apontam CARVALHO e GIL PÉREZ (1995), quando se pergunta aos professores em exercício quais podem ser as causas do fracasso generalizado na resolução de problemas, como no caso da Física, raramente eles apontam razões que acusem a própria didática empregada.

Porém, segundo VILLANI e PACCA (1997), alguns fatores como o número elevado de estudantes por classe ou a heterogeneidade destes têm realmente se colocado como complicadores no processo de escolha e execução de atividades pelos professores.

Até certo ponto, a atribuição do fracasso do ensino a fatores externos mostra, segundo WALLACE e LOUDEN (1992), uma visão na qual o papel do professor resume-se ao de um aplicador de destrezas em certas situações de ensino, ou seja, sua função principal é a de escolher a prática adequada para cada ocasião. Segundo os mesmos autores, a tarefa de um docente é muito mais complexa. Para eles, ser um professor

*“não é simplesmente a aplicar de práticas aprendidas em oficinas, ou possuir algum talento inexplicável para o Ensino de Ciências. De fato, o “talento” de um professor é um produto do conhecimento profissional criado através da experiência e de um árduo trabalho”* (LOUDEN e WALLACE 1992, p.518).

Esses mais diversos tipos de crenças fazem parte do rol de concepções que os professores trazem de sua vida anterior à Universidade. Segundo ALMEIDA (2000, p.23), por trás da prática do professor, está todo um conjunto de representações construídas ao

longo de sua vida e, no caso de professores de Física, “estão frações dos discursos científicos próprios dessa disciplina”.

Em uma pesquisa realizada por PETERMAN (s.d), visando investigar a mudança de postura de uma amostra de professores participantes de um curso, aponta que estes processos passam necessariamente por uma modificação mais profunda em suas crenças, que são construções mentais extraídas da experiência:

*“A mudança nas crenças não é uma tarefa fácil, pois elas foram construídas durante toda uma carreira escolar, seja como estudante, como licenciando ou como professor”* (SIGEL, 1985 *apud* PETERMAN s.d, p.351).

Afirmamos, assim como NÓVOA (1998), que os docentes têm dificuldades em abandonar certas práticas pedagógicas, pois muitas delas foram empregadas com sucesso em momentos difíceis da carreira docente, o que por sua vez, acabam reforçando-as.

CUNHA (1989) aponta, conforme resultados de pesquisa apresentados anteriormente, que a prática escolar dos professores é fortemente influenciada pela sua vivência anterior e desta forma, o docente acaba repetindo comportamentos que considerou positivos nos seus ex-professores. CATANI *et al.* (2000) por exemplo, mostra, através de alguns relatos de docentes pesquisados, o papel e a influência que ex-professores exerceram em suas práticas atuais:

*“O professor de História do Brasil proporcionou-me a descoberta de outros aspectos interessantes da profissão. Se por um lado suas aulas despertavam em*

*mim à vontade de ser professor, por outro me mostraram que a História possui um lado extremamente político” (CATANI et al. 2000, p.54).*

Ou, ainda,

*“No decorrer desses anos escolares foram muitos os professores que tive, cerca de uns cem. Creio que de um jeito ou de outro todos contribuíram para a formação de minha prática docente, através de atitudes, conhecimentos transmitidos e até mesmo pela maneira que os nossos relacionamentos foram estabelecidos. Com eles aprendi a acertar e evitar erros no exercício da profissão” (BRANDÃO, 2000, p.76).*

Acreditamos que se torna, deste modo, fundamental o futuro docente assumir posturas reflexivas perante certas visões espontâneas do ensino assumidas acriticamente durante seu período como aluno nos bancos escolares, o que pode ser proporcionado experienciando práticas docentes paralelas à orientação de professores experientes. VILLANI e PACCA (1997, s.p.) indicam pontos que devem ser considerados de modo a proporcionar uma melhor habilidade didática aos futuros professores, tais como a vivência de processos pelos licenciandos. Segundo eles,

*“Parece que é indispensável oferecer ao futuro professor a possibilidade de experimentar, mesmo que em pequena escala, a elaboração e execução de um planejamento didático, incluindo sua adaptação ‘on line’ às características dos estudantes e à situação local, e também sua análise após a conclusão da experiência; [...] vivenciar ao longo de todo o currículo uma interação dialógica*

*com seus docentes e com seus colegas. Isso sugere que sejam valorizadas as atividades que envolvam o discurso dos estudantes: debates<sup>10</sup> durante a resolução de problemas, defesa de trabalhos desenvolvidos, produção por parte do estudante de um diário endereçado ao professor, contendo suas reflexões de dúvidas, e elaboração de relatórios sobre as atividades desenvolvidas, a serem utilizados por colegas para melhorar sua eficiência.”*

A execução, na prática, de um projeto didático, é a oportunidade do docente trabalhar e refletir sobre seu conhecimento pedagógico do conteúdo que ensina. Para SHULMAN (1997), esse dentre outros apontados pelo pesquisador, é um dos fundamentais, pois ele representa a mistura do conteúdo com a pedagogia. Isso, porém, não coloca o conhecimento do conteúdo em um plano inferior, pois o professor tem responsabilidades em relação a ele, uma vez que no processo de aprendizagem, a fonte primária para os estudantes na compreensão do conteúdo da disciplina é o professor.

SHULMAN (1997, p.8), entende que, se existisse uma enciclopédia em que os conhecimentos dos professores pudessem ser organizados, ela deveria no mínimo conter os seguintes tópicos:

- *conhecimento do conteúdo;*
- *conhecimento geral de pedagogia, com referência especial aos amplos princípios e estratégias de gerência de sala de aula e organização, que parece ultrapassar o conteúdo da disciplina;*
- *conhecimento do currículo, com especial posse de materiais e programas que sirvam como ferramentas de trabalho para o professor;*

---

<sup>10</sup> Grifo original dos autores.

- *conhecimento da aprendizagem e suas características;*
- *conhecimento do conteúdo pedagógico e pedagogia;*
- *conhecimento do contexto educacional, percorrendo desde trabalhos em grupos ou sala de aula, administração e finanças de uma unidade escolar, até as características culturais das comunidades etc.*
- *conhecimento dos fins educacionais, seus valores e seu terreno filosófico e histórico.*

Dentro desta perspectiva de formação dos docentes, SILVA e SCHNETZLER (2000, p.44) indicam também necessidades formativas que devem ser contempladas nos programas de formação. São elas:

- Busca de domínio do conteúdo científico, juntamente com seus aspectos epistemológicos e históricos;
- Levantamento de questionamentos em relação a visões simplistas sobre o Ensino de Ciências e sobre a concepção empirista-positivista da ciência;
- Busca de planejamento, desenvolvimento e avaliação de atividades que levem os alunos a um conhecimento mais próximo do aceito;
- Fazer da prática pedagógica o objeto de investigação, passando do papel de professor pautado na transmissão/reprodução para um ‘professor reflexivo’.

Portanto, a necessidade dos professores refletirem<sup>11</sup> sobre seu ensino é mais uma das implicações que as pesquisas em ensino trazem. Uma das oportunidades mais

---

<sup>11</sup> Grifo nosso.

promissoras para isso, como já apontado anteriormente, são as oportunidades dos alunos ensinarem em ambientes escolares, mesmo que seja uma pequena disciplina; ou então fazer uma supervisão ou monitoria junto a um professor experiente (ADAMS e KROCKOVER, 1997; EISENHART *et al.*1993).

COCHRAN e JONES (1998) propõem que os futuros professores possam atuar como tutores para estudantes tanto de graduação como de nível básico, o que poderia, portanto, funcionar como uma ferramenta poderosa para um início do processo de reflexão sobre seu próprio conhecimento específico do conteúdo que ensina. SILVA e SCHNETZLER (2000) propõem ainda a necessidade dos licenciandos serem iniciados na prática da pesquisa em Educação ou então, que os docentes, já em exercício, pudessem estabelecer parcerias com professores universitários como modo de serem introduzidos na investigação didática.

A produção de experimentos didáticos, a elaboração de problemas, a seleção de textos históricos sobre um determinado assunto, são fatores que, quando elaborados pelos professores ou grupos destes, não só os auxiliam numa melhor compreensão do conteúdo científico, como também num aprofundamento em relação a suas práticas pedagógicas (VILLANI e PACCA, 1987).

Segundo GOERGEN (2000), a proposta de um professor experiente conduzindo a prática dos licenciandos já é utilizada na formação de professores em alguns países, como na Alemanha, por exemplo. Neste país, a formação se dá em dois momentos distintos: um primeiro realizado na Universidade, visando a formação acadêmica e, um segundo, exclusivamente, em escolas públicas, onde o licenciando assumirá algumas classes sobre a orientação de um professor experiente.

Diversos outros autores enfatizam a importância que deve ser dada à prática dos futuros docentes. DELIZOICOV e ANGOTTI (1992, p.18), por exemplo, apontam que

*“A formação do professor deverá articular a orientação teórica com a prática efetiva. Senão, há risco de se estimular uma postura distante do comportamento desejável, uma postura que reforce apenas o discurso e não ofereça alternativas ao costumeiro ensino das ‘regrinhas’”.*

Cabe ressaltar também que o objetivo dos cursos de formação não é treinar para uma série de competências e sim propiciar que os próprios professores tomem decisões fundamentadas em momentos adequados. Deste modo, o docente terá a oportunidade de refletir e decidir como organizar o trabalho pedagógico e como avaliá-lo, poderá ainda decidir se escolhe novos conteúdos em detrimento da seqüência do livro didático, se deve propor atividades práticas ou não; enfim, tenha a possibilidade e capacidade de escolha (ALMEIDA, 2000).

DINIZ (1998) aponta que é importante estabelecer um paralelo entre a atividade do professor em sala de aula e a do pesquisador, de modo que os professores busquem entender melhor suas práticas. Acreditamos que o docente que pensa sobre sua prática é, até certo ponto, um pesquisador dela.

DEMO (1996, p.274) entende que, dentre várias competências que um professor deve possuir, uma delas é a capacidade de pesquisa, “por se tratar de uma maneira mais próxima de reconstruir conhecimento, passando para uma atitude reconstrutiva”. Na busca de um docente que assuma posturas de construção do conhecimento com seus alunos, é imperante trabalhar na formação destes segundo este princípio.

FELDENS (1998, p.128) aponta sobre a realidade que muitos dos cursos de licenciatura vivem, quando os próprios professores formadores trabalham segundo metodologias tradicionais. Segundo o autor, isso implica no mesmo que dizer implicitamente: “faça o que escuta e lê, mas não faça o que eu faço”.



*“O sucesso nasce do querer. Sempre que um homem aplicar  
determinação e persistência para um objetivo,  
ele vencerá os obstáculos e, se não atingir o alvo,  
pelo menos fará coisas admiráveis”.*

*José de Alencar, escritor brasileiro.*

---

## Capítulo III

### A PESQUISA

#### 3.1 A Metodologia

Os dados desta pesquisa referem-se à análise do desempenho de alunos de Prática de Ensino de Física desenvolvida durante um semestre de atividades, em relação a aspectos pedagógicos do conteúdo trabalhado.

Devido às características próprias de um estudo como o apresentado aqui, ou seja, a análise das relações que permeiam a formação de futuros professores, decidiu-se enfocá-lo num referencial construtivista.

BOGDAN E BIKLEN (1982) citados por LÜDKE e ANDRÉ (1986), apresentam algumas das características básicas de uma pesquisa qualitativa:

- Os dados da pesquisa são obtidos no ambiente natural em que ela se desenvolve e o pesquisador, ao contrário de abordagens quantitativas, é um instrumento-chave na

investigação. Segundo as autoras, as ações quando observadas exatamente no local em que ocorreram podem favorecer uma melhor compreensão da situação pesquisada.

LÜDKE e ANDRÉ (1986, p.12) apontam que, devido ao fato dos problemas serem estudados no próprio ambiente em que ocorrem, este tipo de estudo é também chamado de **‘naturalístico’**.

- Os dados levantados em pesquisas qualitativas são em sua maioria de natureza descritiva e as informações são detalhadas, de modo a não passar despercebidos aspectos que em uma pesquisa quantitativa poderiam ser desprezados ou mesmo considerados irrelevantes. Segundo as autoras (p.12),

*“o pesquisador deve atentar para o maior número possível de elementos presentes na situação estudada, pois um aspecto supostamente trivial pode ser essencial para a melhor compreensão dos problemas que está sendo estudado”.*

Os dados são muitas vezes constituídos por descrições do ambiente da pesquisa, transcrições de fitas com depoimentos etc.

- Numa pesquisa qualitativa é dada maior ênfase ao processo do que o produto.

- Os resultados obtidos por pesquisas do tipo qualitativa, geralmente vão adquirindo forma durante o processo de análise. Eles nem sempre são visíveis num primeiro momento da pesquisa sendo, muitas vezes, difícil traçar *a priori* o perfil que terão. Segundo as autoras, isso faz com que no início da pesquisa, uma grande quantidade de dados diversos sejam coletados e que só posteriormente no processo de análise final é que serão interconectados pelo pesquisador. Segue-se, portanto, um processo indutivo, caminhando com a pesquisa para um afinamento em direção ao foco principal do trabalho.
- A pesquisa qualitativa se caracteriza pela busca de ‘significados’. Se uma pesquisa trabalha com uma amostra de estudantes durante um certo período de tempo, por exemplo, busca-se apresentar aspectos do dinamismo interno dos sujeitos participantes, o que geralmente são inacessíveis a um observador externo.

Quanto às etapas que caracteriza este estudo, inicialmente elaboramos uma base teórica que orientou o trabalho, construída através do levantamento e estudo da literatura da área, o que se caracterizou nesta presente pesquisa, pelo amplo levantamento de trabalhos sobre formação inicial de professores.

Posteriormente, encontra-se a etapa em que se dá o trabalho de campo através das coletas de dados com os atores da pesquisa. Esta etapa se deu quando acompanhamos uma turma de licenciandos nas disciplinas de Prática de Ensino de Física VI e VII.

Por fim, sistematizamos o trabalho com a apresentação dos dados, o que se dá, nesta pesquisa, através de transcrições de algumas falas dos licenciandos nos momentos de organização e reflexão sobre as aulas planejadas e, posteriormente, aplicadas.

### 3.2 A Amostra

A amostra consiste em sete licenciandos, regularmente matriculados no curso de Licenciatura em Física, período noturno, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Bauru. Estes alunos pertencem à turma ingressante do ano de 1997, e no segundo semestre de 2000, período onde se deu a coleta de dados da pesquisa, estavam cursando o quarto e último ano do curso.

Dos sete licenciandos, quatro são do sexo masculino e três do feminino; todos, no período, regularmente matriculados nas disciplinas de Prática de Ensino de Física VI e VII, que ocorreram paralelamente no último semestre daquele curso e totalizaram dez créditos<sup>18</sup> de atividades. A fim de preservar a integridade e o anonimato dos sujeitos da amostra, os licenciandos serão chamados pelos nomes fictícios de Antônio, Sandro, Eduardo, Amanda, Tereza, Kátia e Mário.

De todos eles, somente Kátia e Mário tinham algum tipo de experiência como professores de Ensino Básico e, naquele ano, estavam atuando como docentes em escolas públicas da região. Kátia já atuava como docente há seis meses e Mário há um ano. Os demais não tinham nenhum tipo de experiência no magistério.

Quanto ao comportamento pessoal, Sandro se destacava por ser participativo e comunicativo nas discussões durante as aulas e por sua postura sempre disposta a ajudar. Nas gravações realizadas nas escolas das aulas ele foi o responsável pela filmagem. Durante o dia se dedicava a atividades de Iniciação Científica em áreas específicas da Física.

---

<sup>18</sup> Uma unidade de crédito nesta Universidade, corresponde a 15 horas-aula.

Antônio também se destacou por ser um dos mais comunicativos da turma e por se mostrar interessado em questões relativas à Educação, tendo até mesmo, na época, auxiliado na elaboração de um evento da área. Com uma postura um pouco mais acanhada, Eduardo participou menos que seus colegas na aplicação das atividades em sala de aula. Era o único que trabalhava e em uma área não relacionada à Educação.

Amanda, apesar de expansiva nas discussões, mantinha uma relação mais amigável com Tereza, do que com os outros colegas da turma. O mesmo ocorria com Tereza que, além de limitar mais a amizade com Amanda, era a mais calada durante as discussões.

Kátia, uma das licenciandas que já atuava como docente, manteve uma postura comunicativa e alegre durante todas as etapas do curso e tinha um bom relacionamento com todos os colegas. Mário, apesar de já dar aulas, manteve-se introvertido nas discussões em sala de aula e durante a aplicação em sala de aula, mas também tinha um bom relacionamento com os demais colegas.

### **3.3 O desenvolvimento das disciplinas de Prática de Ensino Física durante o 2º semestre de 2000**

As disciplinas de prática de Ensino de Física VI e VII do curso de Licenciatura em Física, da UNESP - Campus de Bauru, ocorrem conjuntamente no oitavo semestre do curso, contabilizando 75 horas-aula cada uma. Ambas as disciplinas foram de responsabilidade do mesmo docente, o qual no decorrer desta pesquisa será designado simplesmente como *professor*.

As disciplinas de Prática de Ensino do curso de Licenciatura em Física neste currículo atual, da Faculdade de Ciências, UNESP – Campus de Bauru, estão distribuídas

ao longo da grade curricular a partir do terceiro ano do curso, conforme apontam dados contidos nos Anexos.

Durante o transcorrer do semestre, foram contabilizados vinte e três encontros presenciais realizados na Universidade. O termo 'encontro' será considerado, no desenvolver desta pesquisa, como o período regular com quatro horas-aula, iniciando às dezenove horas e terminando aproximadamente às vinte e três.

É importante destacar aqui que, por se tratar de um curso do período noturno e que dentre os sete alunos participantes, alguns trabalhavam durante o dia ou desenvolviam trabalhos de Iniciação Científica. Deste modo, as atividades e estágios nas escolas de Ensino Básico, muitas vezes, tiveram que ser realizadas no horário destinado às aulas na Universidade, uma vez que nem sempre existe na estrutura curricular dos cursos um espaço ao cumprimento dos estágios.

Ainda em relação ao decorrer das aulas durante o segundo semestre de 2000, alguns pontos merecem atenção: além de atividades culturais realizadas na Universidade, feriados e outros fatores que impossibilitaram um maior número de encontros, houve um período de greve de professores e funcionários no primeiro semestre daquele ano que se estendeu de 26/04 à 16/06, o que ocasionou um atraso no início das aulas previstas para o mês de agosto. Devido a este fato, de modo a cumprir a carga horária necessária às disciplinas, o período letivo em 2000 foi prolongado até a segunda quinzena de janeiro de 2001.

Merece atenção o fato que, as escolas onde os licenciandos realizariam as aplicações das aulas elaboradas durante o semestre, seguiram com suas atividades letivas somente até o mês de dezembro/2000. Isto fez com que houvesse um certo descompasso entre o período de aulas da Universidade e o das escolas de Ensino Básico, levando os licenciandos a

terminarem, impreterivelmente, a elaboração de suas aulas até o final de novembro/2000, para posteriores aplicações.

A seguir será traçado o desenvolvimento das principais atividades desenvolvidas no decorrer daquele semestre junto aos licenciandos. Os dados obtidos dos questionários aplicados, das gravações em *videotape* das aulas, das entrevistas realizadas e as possíveis implicações destes resultados serão abordadas em capítulos posteriores.

Além dos dados coletados através de gravações e questionários, o autor registrou, por meio de anotações, as observações, dúvidas e idéias dos licenciandos durante os encontros em sala de aula no decorrer do semestre. LUDKE e ANDRÉ (1986) apontam que a observação se mostra eficiente, uma vez que possibilita um contato próximo e pessoal do pesquisador com o fenômeno pesquisado. Segundo as autoras

*“na medida em que o observador observa ‘in loco’ as experiências diárias dos sujeitos, pode tentar apreender a sua visão de mundo, isto é, o significado que eles atribuem à realidade que os cerca e às suas próprias ações”* (Idem, p.26).

As atividades desenvolvidas em cada encontro estão registradas a seguir.

## **1º Encontro**

No semestre anterior, o mesmo *professor* havia sido responsável pela disciplina de Prática de Ensino de Física V e, portanto, já vinha acompanhando esta turma durante algum tempo. Eles haviam trabalhado anteriormente com outros temas relacionados ao Ensino de Física. Portanto, num primeiro momento deste reinício do período letivo, o *professor* fez uma recapitulação das atividades desenvolvidas no semestre anterior e uma síntese dos

objetivos destas, assim como a resolução de outros aspectos burocráticos, como a devolução aos licenciandos de avaliações e a observação sobre o desempenho dos mesmos nas atividades daquele semestre.

Após o encerramento desta parte, o *professor* apresentou à turma a proposta de trabalho para o semestre que se iniciava, ou seja, a de trabalharem na elaboração e posterior aplicação de atividades de ensino em situações reais de sala de aula no Ensino Médio. A elaboração das aulas implicava, por partes dos licenciandos, em seu planejamento, incluindo itens como: seleção de objetivos, metodologias e estratégias de ensino, confecção de materiais, avaliação etc. BORGES (1999, p.80) expõe a riqueza destas atividades para a formação do futuro docente quando aponta que,

*“o trabalho de confecção de material didático é uma forma de trabalhar condizente com a realidade de formação mais motivadora e rica, na medida em que envolve um desafio que todo professor irá enfrentar na sala de aula: o de buscar, constantemente, alternativas para uma aprendizagem mais significativa”.*

O tema indicado para as atividades foi ‘pressão atmosférica’, por se tratar de assunto presente em fenômenos do dia-a-dia, pela complexidade que o próprio desenvolvimento histórico aponta e, também, pelo fato de o autor da pesquisa já dispor de ampla revisão histórica sobre o tema (LONGUINI, 1998).

Buscou-se seguir também, na escolha do tópico, a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, que indica que os conteúdos propostos devem englobar aspectos presentes no cotidiano do aluno, e que o auxilie na compreensão de uma visão de mundo mais próxima à realidade científica.



Neste primeiro encontro foi também comunicado aos licenciandos que a disciplina seria objeto de pesquisa durante o decorrer do semestre e que eles participariam diretamente, consistindo num trabalho conjunto. Foi apresentado o autor da pesquisa e sua possível postura dentro do desenvolvimento do curso, ou seja, a de ‘observador participante’. O professor responsável pela disciplina solicitou também autorização para gravação das discussões que ocorreram durante o semestre. Não houve restrições por parte dos licenciandos, embora alguns deles tenham demonstrado no início certa timidez pelo fato de serem filmados, o que foi se dissipando com o tempo.

LÜDKE e ANDRÉ (1986) admitem segundo JUNKER (1971), que existem três categorias em que se divide a participação do pesquisador no processo: participante total, participante como observador e observador total. O observador como participante, postura esta assumida pelo autor, “é um papel em que a identidade do pesquisador e os objetivos do estudo são revelados ao grupo pesquisado desde o início” (Idem, p.29).

Os pontos abordados até aqui transcorreram numa primeira parte deste encontro inicial. Num segundo momento, foi solicitado aos licenciandos que respondessem a um questionário inicial<sup>19</sup>.

Foram dois seus objetivos: levantar o conhecimento do conteúdo específico que eles dispunham inicialmente a respeito do conceito de ‘pressão atmosférica’ e detectar quais as idéias que estes futuros docentes tinham ao início do curso sobre aspectos de História e Filosofia da Ciência e sua inserção no ensino, uma vez que pesquisadores apontam que compreender o desenvolvimento da ciência é tão importante como o conhecimento da própria ciência.

---

<sup>19</sup> Anexo III.

A elaboração prévia das questões foi feita pelo autor, e procurou-se atentar para alguns pontos tais como, extensão, disposição etc. Segundo MARCONI e LAKATOS (1999) o questionário não deve ser muito extenso, caso contrário pode gerar fadiga e desinteresse, e nem muito curto, pois pode não oferecer as informações necessárias e suficientes à pesquisa.

O questionário constou de duas partes: a primeira elaborada com questões envolvendo situações relacionadas diretamente ao entendimento do conceito de pressão atmosférica, ou seja, problemas relativos ao conhecimento do conteúdo específico, como aponta SHULMAN (1986). A segunda parte buscou analisar aspectos relativos à História e Filosofia da Ciência, e foram empregues perguntas do questionário VOSTS (AIKHENHEAD e RYAN, 1992) adaptadas ao projeto Pró-Ciências<sup>20</sup>.

Algumas das questões que compunham este levantamento foram extraídas da literatura sobre as concepções espontâneas que alunos de diversas faixas etárias apresentam sobre pressão atmosférica, ar atmosférico etc<sup>21</sup>.

## 2º Encontro

Na primeira parte deste segundo encontro, o *professor* fez, em conjunto com os licenciandos, uma leitura e discussão de um texto a respeito das concepções espontâneas sobre pressão atmosférica<sup>22</sup>. Num segundo momento, o pesquisador-participante apresentou aos futuros professores na forma de transparências, o resultado do questionário respondido

---

<sup>20</sup> O Pró-Ciências tratou-se de um projeto de Educação Continuada promovido pelos Departamentos de Física e Educação da Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru, financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Foi realizado no período de julho/1999 a Fevereiro/2000, contando com a participação de docentes de Física do Ensino Médio da região de Bauru/SP.

<sup>21</sup> Anexo I.

<sup>22</sup> Anexo II.

no encontro anterior, de modo que eles próprios tivessem conhecimento das concepções apresentadas pelos seus colegas para as questões-problema propostas. Este foi um momento da aula que deteve a atenção dos licenciandos, pois muitos queriam saber, segundo eles, a resposta ‘correta’ para as questões apresentadas.

Cabe ressaltar neste ponto que, mesmo a apresentação do resultado do questionário tendo sido realizada publicamente para toda a sala na forma de transparências, tomou-se o cuidado para não identificar os autores das diversas concepções, de modo a não causar inibição ou constrangimento entre eles.

Num terceiro momento deste mesmo encontro também, na forma de uma apresentação com transparências, o professor solicitou ao pesquisador que colaborasse na elaboração e exposição de resultados de pesquisas que abordaram as concepções de alunos de Ensino Fundamental e Médio sobre o tema ‘pressão atmosférica’.

O objetivo desta apresentação foi a de confrontar as respostas apresentadas pelos licenciandos com as dos alunos entrevistados nas pesquisas, uma vez que muitas das concepções apontadas por estes, eram semelhantes às encontradas no levantamento realizado entre os futuros professores.

### **3º Encontro**

Os licenciandos que compunham a amostra, como apontado anteriormente, eram sete, e entre as atividades desenvolvidas neste encontro, foi proposto a eles dividirem-se em grupos. A escolha da elaboração dos grupos, já no início do semestre, deu-se devido ao fato de eles poderem, no transcorrer do período, junto a leituras e discussões, trocarem idéias e aprimorarem a relação grupal.

Autores como BARROS e CARVALHO (1998) apontam como positiva a interação entre grupos, pois favorece a troca de informações, confrontação de hipóteses apontando para um modelo de aprendizagem por investigação.

A turma foi dividida em três grupos com dois, dois, e três licenciandos cada. A escolha dos componentes foi feita entre eles próprios e os critérios foram afinidades pessoais, disponibilidades de encontros para aplicação nas escolas etc. Os grupos ficaram constituídos da seguinte forma: G1: (Antônio, Sandro, Eduardo); G2: (Amanda, Tereza) e G3: (Kátia, Mário).

Neste encontro, além da divisão dos grupos o professor continuou a análise das respostas dadas ao questionário aplicado entre os licenciandos, agora referente às questões de História e Filosofia da Ciência, uma vez que não houve tempo para tal no encontro anterior.

Após a apresentação das respostas deste questionário, os grupos foram solicitados a ler e discutir um texto sobre a contribuição que a História e Filosofia da Ciência oferece ao ensino (GIL PÉREZ, 1993)<sup>23</sup>. O texto contém uma análise das principais ‘concepções errôneas’ sobre a atividade científica em consonância com as mais próximas da realidade. O estudo desta análise serviu para que os licenciandos pudessem traçar possíveis paralelos de visões ingênuas a respeito do tema com a postura que os filósofos contemporâneos apresentam.

#### **4º Encontro**

---

<sup>23</sup> GIL PÉREZ, D. Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v.11, n.2, p.197-212, 1993.

Neste encontro, iniciou-se o processo de leitura e discussão do desenvolvimento histórico do conceito de ‘pressão atmosférica’ (Anexo II).

Os licenciandos optaram por realizar uma leitura coletiva, quando todos participassem e fosse possível realizar pausas para discussões de aspectos considerados relevantes ou mesmo aqueles que necessitassem de maiores esclarecimentos. Por se tratar de um texto extenso, e pela realização das várias pausas para discussões, não foi possível terminar a leitura, sendo que uma parte do material foi deixada para o próximo encontro.

### **5º Encontro**

Neste encontro foi retomada a leitura interrompida anteriormente. Antes, porém, pontos das discussões anteriores foram lembrados para que não se perdesse a seqüência. A leitura continuou como anteriormente, ou seja, leitura em voz alta com o acompanhamento de todos os licenciandos e com pausas para novas discussões. Houve momentos em que foi necessário que o *professor* fizesse esquemas na lousa de algumas situações ou episódios que geraram maiores dúvidas entre os licenciandos, ou mesmo para detalhar esquemas conceituais desenvolvidos pelos cientistas da época.

Portanto, neste encontro deu-se o término da leitura. Como síntese final, os licenciandos apontaram, na evolução histórica do conceito, os *pontos mais importantes* e os considerados de *ruptura*.

### **6º Encontro**

Como no encontro anterior os alunos haviam estudado o desenvolvimento histórico, buscou-se posteriormente um embasamento em textos que apontassem para a utilização da

História da Ciência no ensino. Seguindo este objetivo, foi realizada pelos grupos, a leitura de um texto<sup>24</sup> que abordava a sua utilização sobre dois aspectos: apontando argumentos através dos quais se defende o seu uso e outros através do qual se rejeita.

Além de o texto ter apontado aspectos positivos e negativos a respeito do uso desta abordagem no ensino de ciências, ele apresentou alguns exemplos práticos de sua utilização. A leitura deste material foi dividida entre os três grupos: G3 leu e apresentou ao restante dos colegas os argumentos a favor da utilização da História como um fator de contribuição ao ensino; o grupo G1 apresentou, após a leitura de uma parte do texto, os pontos negativos e o grupo G2 indicou os exemplos que o texto trazia sobre a aplicação dos resultados de pesquisas no ensino. Esta dinâmica foi realizada com o intuito de gerar discussões e participação entre os licenciandos, o que foi obtido com êxito.

Neste mesmo encontro, o autor apresentou aos licenciandos uma montagem de um experimento sobre movimento dos corpos, inspirado num discurso hipotético realizado entre Galileu e Aristóteles<sup>25</sup>.

Através desta montagem foi possível discutir sobre um exemplo de uma situação experimental ou atividade de ensino extraída diretamente de discussões históricas. O resultado foi positivo entre os licenciandos, uma vez que além de despertar o interesse dos mesmos para a situação, a maioria da sala desconhecia aquele experimento em questão, apesar dele ter fundamentado grande parte dos conhecimentos sobre cinemática, que são trabalhados cotidianamente pelos professores.

---

<sup>24</sup> BASTOS, F. História da Ciência e Ensino de Biologia – A pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903) *Tese de Doutorado* – FEUSP, 1998.

<sup>25</sup> LOCHHEAD, J. e DUFRESNE, R. “*Helping students understand difficult science concepts through the use of dialogues with history.*” Scientific Reasoning Research Institute. University of Massachusetts, 1989.

## **7º Encontro**

Devido a uma palestra que foi realizada na Faculdade no dia deste encontro, somente alguns aspectos em relação às atividades futuras foram organizadas na ocasião. Foi proposto aos licenciandos que escolhessem, no decorrer daqueles dias, uma escola, para que as atividades elaboradas ao final do curso pudessem ser aplicadas. O colégio provavelmente poderia vir ser o mesmo em que vinham realizando as atividades de estágio do semestre anterior.

Por sugestão de alguns licenciandos, as questões utilizadas para o levantamento de suas concepções espontâneas, respondidas por eles no primeiro dia de aula, também, após passarem por algumas adaptações, foram aplicadas aos alunos de Ensino Médio, nas turmas para as quais as aulas seriam futuramente ministradas. A sugestão foi, segundo os licenciandos, para ‘comprovar’ se o tipo de respostas apresentadas pelos alunos corroboravam com os resultados das pesquisas já realizadas sobre o tema, resultados estes que tiveram conhecimento através da apresentação realizada pelo autor na ocasião do segundo encontro.

## **8º Encontro**

Ao reiniciarmos as atividades neste encontro, buscou-se inicialmente saber quais foram as escolas e salas escolhidas pelos grupos para a realização das atividades, uma vez que entraram em contato com professores do Ensino Médio durante os dias até então decorridos.

Os componentes do grupo G2 escolheram uma sala de primeiro ano de Ensino Médio, supletivo, período diurno, de uma escola pública do município de Bauru, pois já tinham contato anterior com o docente responsável por esta sala.

Os do grupo G1 optaram por uma sala de segundo ano de Ensino Médio, período noturno, também de uma escola pública do município de Bauru, onde já haviam realizado atividades de estágio anteriormente.

O grupo G3 optou por realizar as atividades em uma escola pública do município de São Manuel, região de Bauru, uma vez que residiam nesta cidade. A sala utilizada para aplicação foi um segundo ano de Ensino Médio e tratava-se da turma em que Kátia atuava desde o início do ano como professora de Física.

Como a primeira atividade que eles realizariam em suas salas de aplicação seria o questionário para levantamento das concepções espontâneas dos estudantes, num segundo momento deste encontro, foi definido como seriam distribuídas estas questões entre os grupos, uma vez que se tratava de muitas atividades para aplicação em um período de uma aula de cinquenta minutos que ocorre no Ensino Médio. Portanto, cada grupo escolheu dentre as opções de atividades do questionário do primeiro encontro, as que gostariam de fazer o levantamento entre seus alunos, de modo que se buscou que cada grupo escolhesse questões diferenciadas, para que ao compartilhar posteriormente nos futuros encontros os resultados alcançados com seus pares, todos pudessem ter contato com as concepções sobre todas as atividades propostas.

Apesar de cada grupo ficar com uma parte das atividades do questionário inicial, os licenciandos tiveram liberdade para aplicação das demais, caso dispusessem de tempo. Isso evidencia que, a divisão das atividades foi um critério adotado exclusivamente devido ao escasso tempo que os licenciandos teriam em sala de aula.



Em um momento posterior, foram discutidos com os grupos os cuidados que deveriam ter ao aplicar as questões, uma vez que as respostas dos alunos não poderiam estar sujeitas a interferências do professor. Alertamos, portanto, a busca da ‘imparcialidade’ do docente no momento da aplicação, assim como o uso de perguntas abertas que não induzissem a respostas prontas ou fechadas.

Como algumas das questões propostas no questionário inicial tratavam de atividades experimentais, e por vezes, simples, foi sugerido aos licenciandos que, ao invés de somente apresentarem aos estudantes as questões de maneira teórica, estas poderiam ser trabalhadas como problemas levantados através de situações experimentais realizadas pelo docente na própria sala de aula sob a forma de demonstrações. Situações deste tipo poderiam funcionar como fator de motivação aos alunos de nível médio, participantes da aplicação.

## **9º Encontro**

Neste encontro buscou-se, antes dos licenciandos iniciarem a elaboração das atividades, fazer uma breve recapitulação dos pontos discutidos até o presente momento, ou seja, as concepções espontâneas sobre o tema abordado e suas influências no ensino de ciências assim como a inserção da História da Ciência no ensino, com estudo mais aprofundado do desenvolvimento do conceito de ‘pressão atmosférica’.

Optou-se por gravar em vídeo este encontro para posterior análise mais detalhada das falas dos licenciandos, de modo a detectar, posteriormente, suas dificuldades, inseguranças, concepções sobre ensino etc. Nesta discussão buscou-se levantar quais pontos do desenvolvimento histórico, analisado no quarto e quinto encontro, poderiam

ser utilizados numa aula sobre o ‘pressão atmosférica’ a alunos de Ensino Médio. Os resultados desta discussão serão apontados no capítulo posterior.

### **10º Encontro**

Um dos dias subseqüentes ao nono encontro foi liberado para que os licenciandos pudessem ir até as escolas de modo a aplicarem as questões que haviam organizado previamente. Alguns dias após ao combinado para a aplicação, ocorreu um feriado prolongado, o que fez com que o espaço entre o nono e décimo encontro fosse de duas semanas.

Ao retornarem as aulas, os licenciandos ainda não dispunham dos resultados das atividades aplicadas com os alunos, uma vez que não haviam ainda tido oportunidades para aplicação. Citaram como problemas, as incompatibilidades com os horários das escolas e a falta de tempo, uma vez que alguns deles, bolsistas de Iniciação Científica em outras áreas que não a de ensino, estavam neste período se preparando para um congresso que ocorreria em alguns dias.

O professor redirecionou a aula, portanto, para a leitura e discussão de outro texto que aborda a utilização da História da Ciência<sup>26</sup> no Ensino de Ciências.

### **11º Encontro**

---

<sup>26</sup> CASTRO, R.S. História da Ciência: investigando como usá-la num curso de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.9, n.3, 1992.

Procurou-se, com base na análise da gravação do nono encontro, continuar as discussões a respeito da utilização da História da Ciência no ensino. Portanto, nesta ocasião, foi lido e discutido um texto que trata da relação entre as concepções apresentadas por estudantes e suas possíveis relações com a História da Ciência<sup>27</sup>. O texto traz alguns exemplos da utilização desta relação, abordados segundo conceitos de mecânica. Os alunos foram orientados a relacioná-las com as possíveis situações sobre o conceito de ‘pressão atmosférica’. Discutiram-se também, segundo aspectos do texto, os paralelismos ingênuos entre o desenvolvimento de conceito na ciência e nos sujeitos aprendizes.

## **12º Encontro**

Na ocasião deste encontro, os futuros docentes já dispunham dos resultados das atividades aplicadas nos alunos de Ensino Médio. Eles tabularam seus dados de modo a facilitar a apresentação desses perante a sala, que foi realizada oralmente. Isso propiciou que eles compartilhassem os resultados, uma vez que nem todos aplicaram todas as atividades, conforme apontado anteriormente.

A apresentação de cada grupo foi seguida de algumas questões levantadas pelo autor da pesquisa para que o grupo, e até mesmo toda a turma, pudessem discutir. Estas discussões foram gravadas em vídeo para posterior análise mais detalhada.

As questões buscaram levantar as reações dos licenciandos perante as respostas encontrada nos alunos; levantar possíveis posturas enquanto professores trabalhando com idéias prévias; buscar possíveis relações nas respostas dos alunos com os resultados de

---

<sup>27</sup> SALTIEL, E., VIENNOT, L. . ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas historicas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*. 1985.

pesquisas já realizadas ou mesmo tentar traçar possíveis paralelos entre o desenvolvimento das idéias nos alunos com o desenvolvimento histórico, conforme apontam alguns autores (PIAGET e GARCIA, 1987).

A seguir, são apresentadas as questões que buscaram desencadear as discussões entre os licenciandos:

- Vocês puderam encontrar algum possível padrão ou tipo comum de respostas entre os alunos, quando sujeitos a certas situações experimentais?
- A relação entre as idéias encontradas nos alunos e as presentes no desenvolvimento histórico foi possível de ser estabelecida em algum momento?
- Quais as suas opiniões gerais a respeito das concepções dos alunos? Como elas se colocam perante as cientificamente aceitas? Elas são próximas destas?
- É possível estabelecer alguma(s) relação(ões) entre as concepções obtidas por vocês nas escolas e os resultados de pesquisas realizadas por pesquisadores em diversos países?
- Vocês se sentem preparados, enquanto futuros professores, para estarem trabalhando com este tipo de idéias presentes entre os alunos?

Estas questões serviram somente como guia para as discussões finais após a apresentação de cada grupo, não se tratando, portanto, de um roteiro rígido que foi seguido.

Os resultados destas discussões são apresentados no capítulo posterior.

### 13º Encontro

Após todos os grupos terem feito suas apresentações e compartilhado os resultados dos levantamentos realizados, partiu-se, neste encontro, através destes resultados obtidos, na busca das concepções espontâneas mais frequentes e que oferecessem maiores dificuldades para os alunos construírem uma idéia sobre ‘pressão atmosférica’ mais próxima da científica. Essas concepções serviram como um dos pontos de partida para a elaboração das atividades de ensino.

Os licenciandos indicaram quatro tipos principais de concepções, que surgiram com maior freqüência entre os alunos, tanto através de resultados de pesquisas anteriormente apresentados (segundo encontro), quanto através dos próprios levantamentos realizados nas escolas:

- Quando os alunos se confrontam com atividades do tipo da bureta, garrafa ou canudinho, apresentam com freqüência idéias referentes à *necessidade de entrada de ar*. O líquido sobe pelo canudo, pois o espaço necessita de ar, por exemplo;
- Os alunos perante a situação envolvendo uma balança num ambiente em que o ar é retirado, indicam que o peso dos objetos diminui, ou seja, estabelecem relações confusas entre *força peso, gravidade e pressão atmosférica*;
- Os estudantes estabelecem *relações confusas entre vários conceitos* já estudados anteriormente em Ciências, tais como ar, vácuo, pressão, oxigênio etc. As

explicações configuram-se como mesclas de conceitos científicos estudados durante a vida escolar, sem que estes estabeleçam qualquer relação plausível;

- Quando o termo ‘pressão’ é indicado pelos alunos, estes, muitas vezes, o concebe como *algo material*, que tem a capacidade de entrar ou sair.

#### **14º Encontro**

Com base no material já elaborado até aquele momento pelos licenciandos e, através das várias discussões já realizadas, os grupos começaram a elaborar seus planos de aula.

A proposta do professor foi para que cada equipe elaborasse uma seqüência semi-estruturada de uma aula, que contemplasse os aspectos estudados até o momento e, ao final, numa reunião plenária com os outros grupos, seria elaborada uma proposta de plano de aula que contemplassem aspectos considerados pertinentes das aulas elaboradas por cada um deles. Isso, porém, não foi o que ocorreu. Os licenciandos optaram por que cada grupo elaborasse seus planos de aula individualmente, uma vez que escolheram metodologias e estratégias de ensino diferenciadas uma das outras.

Ao final, esta decisão acabou se tornando um fator positivo, pois os grupos apresentaram três tipos distintos de aula sobre o mesmo conteúdo, o que também favoreceu um amplo processo de reflexão e discussão em função das comparações entre os caminhos tomados por cada equipe.

#### **15º Encontro**

O tempo decorrido entre o 14<sup>o</sup> e o 15<sup>o</sup> encontro foi de quinze dias, uma vez que neste período ocorreram além de feriados prolongados, atividades acadêmicas relativas ao curso de Física. Percebeu-se, quase ao final de semestre, que o tempo prolongado entre os encontros acabava favorecendo o amadurecimento das idéias entre os licenciandos.

Além da aplicação das aulas nas escolas, os grupos foram solicitados a entregarem previamente seus Planos de Aula contendo as informações sobre o planejamento e desenvolvimento das atividades. Neste encontro, portanto, procurou-se definir como seriam montados estes planos e quais os aspectos relevantes que eles deveriam contemplar etc. Sob orientação do professor da turma, foi elaborado um 'roteiro' com os aspectos fundamentais que os planos deveriam contemplar. Foram eles:

- Tema;
- Duração da aula
- Justificativa;
- Objetivos;
- Conteúdo;
- Metodologia de Ensino;
- Materiais utilizados;
- Desenvolvimento da aula;
- Avaliação;
- Bibliografia.

Os três Planos de Aula elaborados pelos grupos também serviram de material para análise do desenvolvimento do *conteúdo pedagógico* (SHULMAN, 1986) dos licenciandos ao longo do processo.

### **16º Encontro**

Com base nas definições anteriores, os licenciandos continuaram na elaboração das aulas. Percebeu-se, através de discussões internas nos grupos, dificuldades dos futuros professores em estruturarem uma aula a partir dos pressupostos discutidos anteriormente, ou seja, que contemplasse um referencial construtivista de ensino.

O *professor* em meio às dificuldades dos licenciandos indicou a sugestão de assistirem a um vídeo em que algumas atividades sobre flutuação foram trabalhadas dentro de uma visão construtivista de ensino. A idéia foi acolhida entre os licenciandos, o que foi realizado prontamente.

O grupo G3, na ocasião deste encontro, já havia preparado sua aula, pois tinha trabalhado de maneira independente em outros horários, o que fez que Kátia e Mário se predispusessem a ser os primeiros a realizarem a aplicação em sala de aula. Acreditou-se que o fato de eles já estarem lecionando em nível médio lhes tenha favorecido uma postura menos retraída, percebida nos outros grupos. Os grupo G1 e G2 continuariam na elaboração de seus planos de aula para posterior aplicação.

### **17º Encontro**



Como relatado no encontro anterior, o grupo G3 optou por ser o primeiro a realizar a aplicação da aula, que ocorreu em uma sala de segundo ano de Ensino Médio de uma escola pública de um município da região de Bauru.

O professor responsável pela disciplina foi até esta escola e pôde acompanhar o desenvolvimento da aula, sendo que todo seu transcorrer foi gravado em vídeo. Esta gravação foi realizada para que no próximo encontro dos licenciandos na Universidade, ela pudesse ser exibida, tornando-se fonte de discussões e sugestões dos outros colegas da sala, trabalhando deste modo um processo reflexivo entre os pares, constituindo-se no que SCHÖN (1992) aponta como 'reflexão sobre a reflexão-na-ação'. Essas reflexões também foram gravadas e suas implicações no processo são apontadas no capítulo seguinte.

### **18º Encontro**

Entre a primeira aplicação realizada pelo grupo G3 e o período em que os outros grupos ainda estavam terminando a elaboração das aulas, alguns outros textos foram discutidos em conjunto com os licenciandos. Essas discussões ocorriam sempre que o *professor* sugeria a necessidade de aprofundamento sobre tópicos que considerava importantes para a formação dos futuros professores.

Um dos assuntos abordados neste encontro, portanto, foi a leitura e discussão de um artigo de ZEICHNER (1993)<sup>28</sup> a respeito de aspectos ligados ao processo de reflexão na prática e reflexão sobre a reflexão na prática, uma vez que os licenciandos vinham desenvolvendo este tipo de postura posteriormente às aulas.

---

<sup>28</sup> ZEICHNER, K. M. *O professor como prático reflexivo*. Lisboa, 1993.

## **19º Encontro**

De modo a buscar um embasamento maior para os licenciandos continuarem na elaboração das atividades, neste encontro foi também lido e discutido um texto sobre o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, proposta por Vygotsky.<sup>29</sup> A análise deste assunto teve como objetivo alertar para compreensão dos tipos de atividades mais propícias às condições cognitivas dos alunos e que os futuros docentes pudessem compreender e respeitar os limites na aprendizagem dos estudantes.

## **20º Encontro**

Na ocasião deste encontro, o grupo G1 já havia, após o processo de reflexão sobre a aula do grupo G3, definido quais os pontos que deveriam ser aperfeiçoados no plano de aula do grupo.

Portanto, na ocasião deste encontro, mais um grupo de licenciandos já havia realizado a aplicação da aula. Convém ressaltar que na data em que os integrantes do grupo G1 conseguiram conjugar seus horários para a realização da aula, ocorreu na escola, naquele dia, uma reunião entre pais e professores que, apesar de ser realizada no período noturno, a partir das vinte e uma horas, fez com que o número de alunos presentes no colégio se tornasse reduzido. Não havia alunos na sala onde tinham realizado as atividades anteriores de coleta das concepções espontâneas, o que levou os licenciandos a aplicarem o Plano de Aula elaborado com uma outra sala de segundo ano de Ensino Médio, estando ainda assim com um número reduzido de alunos.

---

<sup>29</sup> AGUIAR, C.T (Org.) *Coletânea de Textos de Psicologia*. v.1, 1990. (Psicologia da Educação)

Como na aula do grupo G3, foi feita a filmagem para posterior análise e reflexão, tanto pelo próprio grupo, como pelos seus pares.

Neste 20º encontro, já dispondo, portanto, da gravação da aula do grupo G1, foi realizada sua análise pelos outros licenciandos, apontando posteriormente as críticas e sugestões. Os resultados obtidos dessas discussões serão abordados no capítulo seguinte.

### **21º Encontro**

O último grupo de licenciandos a aplicarem suas atividades foi G2, que já havia feito no transcorrer daquela semana. A aula, como dos outros grupos, foi acompanhada e as gravações foram realizadas.

O grupo G2 teve problemas também ao retornar para aplicar a aula com a mesma sala em que havia realizado o levantamento das idéias prévias dos estudantes. Por se tratar, na ocasião, dos últimos dias letivos das escolas, havia poucos alunos nas salas de aula, o que fez com que a direção do colégio agrupassem estudantes de diversas séries em uma única, causando alguns problemas.

Foi realizado neste encontro, portanto, o mesmo procedimento de análise e reflexão que ocorreu com os outros grupos.

### **22º Encontro**

Na ocasião do término da aplicação de todas as aulas, encerrava-se a primeira quinzena do mês de dezembro de 2000; as aulas foram interrompidas por um pequeno período de recesso, retornando novamente no início do mês de janeiro, de modo a

cumprir a carga horária da disciplina, fato este até então impossibilitado devido à greve de funcionários e professores do ano anterior.

Após alguns aspectos burocráticos serem resolvidos nos primeiros dias de aula, reaplicou-se nos licenciandos um questionário<sup>30</sup>, análogo ao aplicado no primeiro encontro, contendo questões sobre o conteúdo específico (pressão atmosférica) e outras referentes à História e Filosofia da Ciência. Em relação às questões de conteúdo específico, buscou-se elaborar novas situações-problema, porém, cuidando-se para que estas fossem embasadas na mesma explicação científica do que aquelas outras apresentadas no questionário prévio.

O objetivo deste questionário final foi avaliar as possíveis mudanças em relação ao conhecimento do conteúdo específico sobre pressão atmosférica, assim como investigar variações nas concepções dos licenciandos a respeito da atividade científica, da Filosofia da Ciência etc.

Na elaboração dos questionários, procurou-se evitar o chamado *efeito de contágio* que, segundo MARCONI E LAKATOS (1999), ocorre quando a seqüência das questões propicia a influência da pergunta precedente sobre a seguinte.

A seguir, apresentaremos a análise dos dados coletados no transcorrer desses vinte e três encontros.

### **23º Encontro**

Após a aplicação do questionário no encontro anterior, realizou-se durante o mesmo, uma entrevista final com cada licenciando participante desta pesquisa.

---

<sup>30</sup> Anexo IV.

O objetivo almejado através desta prática foi buscar nas falas destes futuros docentes, elementos que pudessem indicar possíveis caminhos de como eles transformam o conteúdo específico num conteúdo ensinável. Optou-se pela entrevista como atividade final de coleta de dados, pois, segundo MARCONI E LAKATOS (1999, p.97), ela “oferece maior oportunidade para avaliar atitudes, condutas, podendo o entrevistado ser observado naquilo que diz e como diz, registrando reações, gestos etc”.

Todas as entrevistas foram gravadas em videotape e as falas foram transcritas para posterior análise.

*“Se ao escalar uma montanha na direção de uma estrela,  
o viajante se deixar absorver demasiadamente pelos  
problemas da escalada, ele está arriscando-se a  
esquecer qual estrela o guia... Se o sacristão da catedral  
se preocupar demais com a posição dos bancos,  
arrisca-se a esquecer que está servindo a um Deus...”*

*Antoine de Saint Exupéry,  
aviador e escritor francês.*

---

## Capítulo IV

### ANÁLISE DOS DADOS

#### 4.1 Metodologia de Análise dos Dados

Os dados obtidos, que neste capítulo estarão sendo analisados, foram coletados durante todo o transcorrer do segundo semestre de 2000, ocasião em que ocorreram as atividades com a amostra de licenciandos. Eles consistem em anotações realizadas pelo autor durante o decorrer das aulas, questionários escritos aplicados no início e no final do semestre, gravações em videotape de alguns momentos de discussões dos licenciandos na busca de elementos para elaboração dos planos de aula, das aplicações das aulas realizadas nas escolas de Ensino Médio e das discussões e reflexões dos licenciandos após a análise das aulas ministradas pelos seus pares.

Um primeiro tópico analisado neste capítulo, trata-se das respostas dos licenciandos ao questionário prévio<sup>31</sup>, aplicado no início do curso. Ele contém nove questões que abordaram o tema pressão atmosférica, sob diversos ângulos. Essas questões foram adaptadas de pesquisas já realizadas anteriormente.

Em seguida, apresentamos a análise do questionário aplicado ao final<sup>32</sup> daquele semestre. Através da análise destes dois levantamentos, buscou-se investigar uma das questões desta pesquisa, ou seja, *verificar se as atividades desenvolvidas durante o curso contribuíram para ampliar o conhecimento do conteúdo específico (SHULMAN, 1986) que os licenciandos da amostra tinham sobre o tema pressão atmosférica.*

No tópico seguinte, busca-se fazer uma análise de outra questão levantada por esta pesquisa, ou seja, *quais foram os elementos abordados no curso que eles utilizaram para transformar o conteúdo específico num conteúdo 'ensinável' a seus alunos? E como estes elementos foram utilizados?*

Os elementos que contribuíram para esta análise, foram as anotações do autor e as gravações em *videotape* do processo de elaboração dos Planos de Aula pelos grupos de licenciandos, as entrevistas finais, assim como as aplicações dos planos em sala de aula. O questionário aplicado ao final do semestre também apresentou algumas questões relativas ao conteúdo pedagógico, que auxiliou, portanto, na análise desta questão.

Os Planos de Aula<sup>33</sup>, solicitados aos grupos ao final do semestre, também fazem parte do material que proporcionou realizarmos a análise dos elementos do curso que os

---

<sup>31</sup> Anexo III.

<sup>32</sup> Anexo IV.

<sup>33</sup> Encontram-se inseridos no corpo deste capítulo, para análise conjunta com as transcrições das falas dos licenciandos na entrevista final.

licenciandos utilizaram para ‘transformaram’ o conteúdo específico numa seqüência pedagógica de ensino.

Num primeiro momento deste capítulo, será apresentada a análise relativa à questão do *conteúdo específico* trabalhado pelos licenciandos. Através de tabelas, serão indicados os tipos de respostas que os futuros professores apresentaram anterior e posteriormente às perguntas presentes nos questionários.

Em seguida, será abordada a outra questão desta pesquisa, ou seja, a relativa ao *conteúdo pedagógico*. Para isto, foram escolhidos apenas três licenciandos, de modo a se analisar mais aprofundadamente toda a trajetória percorrida por eles ao organizarem os conteúdos pedagógicos das aulas, analisarem as aplicações de seus pares e refletirem sobre suas próprias práticas docentes.

Foi escolhido um licenciando de cada grupo, ou seja, do Grupo G1, Sandro; Amanda do Grupo G2 e Mário do Grupo G3. Como critério de escolha, utilizamos algumas de suas características pessoais: Sandro, além de sempre participativo, era o que falava mais alto e claro, portanto, suas falas eram as mais audíveis da gravação. Amanda também foi selecionada por expressar mais suas opiniões em relação a Tereza, que era mais tímida. A escolha de Mário deu-se pelo fato dele já estar atuando como docente na ocasião, e por ser o único que expressou na entrevista final, que não pretende atuar como professor.

Os dados destes licenciandos, na ordem em que serão abordados neste capítulo são: as narrativas de algumas discussões que ocorreram durante a elaboração das aulas, o Plano de Aula por eles organizados, a descrição de como se deu a participação deles nas aplicações das aulas, suas falas no processo posterior de reflexão com os pares e as idéias apresentadas por eles na entrevista final.



## 4.2 Análise dos questionários escritos: o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo específico

### 4.2.1 Análise dos resultados do questionário prévio

#### PARTE I

**1ª QUESTÃO: Bureta contendo água:** *“Por que você acha que o líquido pára de fluir quando a rolha é inserida?”*

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Mário, Tereza, Eduardo	* Pressão interna é maior que a pressão externa.	03
Sandro, Antônio	* Diferença entre a pressão interna e externa.	02
Kátia	* A pressão formada não deixa a água fluir.	01
Amanda	* Falta de ar para repor o espaço do líquido.	01
<b>T O T A L</b>		<b>07</b>

Essa questão foi extraída da pesquisa de BERG (1992), e as respostas apresentadas pelos licenciandos para esta situação, não diferiram de algumas das obtidas pelo pesquisador quando a aplicou a alunos de dezessete e dezoito anos de idade. Apesar do termo “pressão” ter sido empregado de maneira correta em duas das respostas dos licenciandos, surgiram na maior parte das respostas de maneira confusa, da mesma forma que foi obtida por BERG.

Amanda, por exemplo, apresentou uma resposta do tipo aristotélica, quando afirmou que “o ar deve repor o espaço do líquido”. Na Antigüidade, esta idéia era concebida como um “horror ao espaço vazio”, sendo impossível que o mesmo existisse na natureza. Portanto, se algo sair, outro, logo em seguida, deve repor o espaço livre. BERG (1992) também encontrou este tipo de resposta entre os alunos pesquisados: “O líquido pára de escorrer porque o ar não pode repor o volume perdido”.

**2ª QUESTÃO: Ovo na garrafa:** “Por que o ovo vai para dentro da garrafa?”

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Tereza, Eduardo, Sandro	* Dilatação do frasco.	03
Amanda	* Ar quente se expande diminuindo a pressão.	01
Mário	* O aquecimento diminui a pressão interna, então a pressão externa empurra.	01
Kátia	* Pressão interna puxa.	01
Antônio	* Acúmulo de água (vapor) na borda do recipiente causando sua lubrificação.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa questão foi adaptada da pesquisa de SHEPARDSON *et al.* (1994). Foram diversificadas as respostas apresentadas pelos licenciandos, e apontaram deficiências em relação ao conhecimento específico deste assunto. Tereza, Eduardo e Sandro apresentaram idéias como a da dilatação do frasco ou lubrificação da borda da garrafa, como explicações possíveis para a questão proposta. As respostas obtidas pelos pesquisadores em 1994, também foram diversificadas, surgindo explicações relacionadas à fumaça, pressão do ar

etc. Esse quadro aponta que os alunos, mesmo quando explicam o fenômeno em termos de pressão, ainda muitas vezes o fazem de maneira confusa (*pressão puxa*).

**3ª QUESTÃO: Garrafa com água: “Por que a água não escoava pela garrafa?”**

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Eduardo	* Devido à criação de uma pressão negativa (vácuo) no interior da garrafa.	01
Mário	* Pressão atmosférica equilibra o sistema.	01
Tereza	* Pressão interna é maior que a pressão externa.	01
Sandro	* Pressão interna é menor que a pressão externa.	01
Antônio	* Empuxo da água na bacia.	01
Kátia	* Pressão, simplesmente.	01
Amanda	* Sem resposta.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa questão teve como idéia principal, investigar o tipo de resposta apresentada pelos licenciandos, quando defrontados com uma situação envolvendo uma coluna de líquido suspensa. Este problema busca traçar um paralelo com o fato histórico da coluna de água construída por Gasparo Berti e, posteriormente a de mercúrio, com Torricelli.

A maior parte das respostas dos licenciandos centra-se no termo ‘pressão’, porém, surgindo respostas antagônicas como explicações para o mesmo experimento, o que demonstra que alguns deles não possuem o domínio da concepção científica de como a pressão do ar atua numa situação deste tipo. O mesmo ocorre com os alunos de Ensino Médio quando submetidos à mesma questão. LONGUINI (1998) aponta que as respostas dos alunos são baseadas em explicações centradas na água da bacia ou então, relacionadas a

um tipo de pressão que fica ‘presa na garrafa’. O termo ‘pressão’ neste caso, surge, assim como nas respostas dos licenciandos, de maneira distante da científica.

Somente Mário apresentou uma resposta cientificamente condizente, atribuindo à pressão atmosférica o equilíbrio da coluna de líquido.

**4ª QUESTÃO: Indicação do dinamômetro:** *“A indicação do dinamômetro será a mesma quando ele estiver no alto de uma montanha ou no fundo de uma mina?”*

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Eduardo, Amanda	* Diferente: influência da pressão.	02
Antônio, Márcio	* Diferente: gravidade varia com a altura.	02
Tereza	* Diferente: pressão atmosférica aumenta com a altitude.	01
Kátia	* Varia pouco: gravidade é menor em lugares mais altos.	01
Sandro	* Igual: a diferença de pressão não é significativa.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa questão foi extraída da pesquisa de RUGGIERO *et al.* (1985), que investigou as relações confusas entre ar/gravidade/pressão que os alunos constroem. A questão foi aplicada de modo a verificar se os licenciandos estabeleciam alguma relação entre estes conceitos e de que forma o faziam. O quadro acima mostra que eles criam idéias conflituosas a respeito desta relação, obtendo entre os licenciandos da mesma amostra, explicações antagônicas para a mesma situação proposta.

Estes tipos de relações também foram encontradas por Ruggiero *et al.* anteriormente. Os pesquisadores apontam a influência dos meios de comunicação como um fator que poderia reforçar estes tipos de concepções ingênuas, uma vez que as pessoas assistem na TV, cenas que apresentam astronautas flutuando em espaços “sem gravidade” e também sem ar, o que pode levar os alunos, desde as séries iniciais até o ensino superior, a acreditarem que exista alguma relação entre estes conceitos físicos.

Kátia e Sandro apresentaram respostas mais próximas às científicas, uma vez que respondem que a indicação será a mesma ou variará pouco.

**5ª QUESTÃO: Astronauta e a chave inglesa:** *“O que acontece com a chave quando o astronauta a abandona de sua mão estando ele na lua?”*

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Sandro, Mário, Antônio, Tereza	* Cairá lentamente na lua.	04
Amanda	* Flutuará, pois não há força de atração na lua.	01
Eduardo	* Flutua, pois a gravidade é menor na lua.	01
Kátia	* Descreve uma parábola.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa foi outra questão extraída da pesquisa de RUGGIERO *et al.* (1985), com o mesmo propósito que a anterior, ou seja, investigar que tipo de relações os licenciandos apresentavam entre ar e gravidade. As respostas encontradas estão próximas às obtidas pelos pesquisadores, que utilizaram uma amostra de vinte e dois alunos entre treze e quatorze anos de idade.

Amanda, quando submetida à mesma questão, apontou, segundo dados indicados no quadro anterior, a concepção de que a chave flutuaria quando solta na superfície da lua devido à falta de gravidade no local. Este tipo de resposta, obtida entre os futuros professores da amostra, aponta que alguns deles apresentam também dificuldades em relação à compreensão do conceito de atração gravitacional.

**6ª QUESTÃO: Balança no vácuo:** *“O que acontece com a indicação da balança quando o ar é retirado?”*

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Sandro, Mário, Amanda	* Não altera, pois o ar não influi.	03
Eduardo	* A balança permanecerá travada no vácuo.	01
Kátia	* Retirando-se o ar, anula-se o peso; retornando, a indicação volta a anterior.	01
Tereza	* Altera um pouco, mas basicamente é a mesma.	01
Antônio	* Sem resposta.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa questão foi extraída da pesquisa de RUGGIERO *et al.* (1985), e busca, através das respostas dos licenciandos, também apontar a relação que eles estabelecem entre gravidade e ar. Muitos dos alunos que responderam à mesma questão na pesquisa de RUGGIERO *et al.* (1985), apontaram que o peso tornar-se-ia nulo na ausência do ar, o que se pôde verificar também em uma resposta de Kátia. Alguns indicaram deficiências em relação à compreensão mais próxima à científica para a questão proposta. Sandro, Mário e Amanda apontaram que a indicação da balança não sofreria nenhuma alteração.

**5ª QUESTÃO: Copo com água: “Por que a água não cai?”**

<b>Licenciando(s)</b>	<b>Tipo de resposta</b>	<b>No. de alunos</b>
Eduardo	* Pressão criada dentro do copo.	01
Tereza	* Pressão interna é maior que a pressão externa.	01
Sandro	* Pressão interna no copo é menor que a pressão externa no papel.	01
Antônio	* Força da água sobre a folha é igual a força da folha sobre água, resultando em uma resultante nula.	01
Mário	* Pressão atmosférica equilibra a folha de papel.	01
Kátia, Amanda	* Sem resposta.	02
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa questão foi extraída de uma série de atividades apresentadas por SERÉ (1982), em sua pesquisa. A maior parte das respostas encontradas entre os licenciandos apontou para a falta de uma explicação científica para a questão proposta. Isso fica evidenciado quando, de maneira confusa, alguns deles indicaram a atuação da pressão sob diversas formas e em diversos locais, atuando ora no copo, ora no papel.

Mais uma vez, como na questão da garrafa com água, Mário foi o único que apresentou uma resposta cientificamente aceitável.

**6ª QUESTÃO: Lata de extrato de tomate:** “*Por que só se abre ao retirar o lacre?*”

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Amanda, Mário	* Pressão interna se iguala com a pressão externa.	02
Eduardo	* Não solta porque a pressão interna é maior que a pressão externa.	01
Sandro	* Não solta porque a pressão interna é menor que a pressão externa.	01
Antônio, Kátia	* O ar entra e exerce pressão na tampa, que se solta.	02
Tereza	* O ar entra e diminui a pressão interna.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Quando uma amostra de alunos de Ensino Médio foi questionada sobre a mesma atividade, apresentou, segundo LONGUINI (1998), respostas desconexas e confusas em relação à explicação científica para o fato. Das respostas obtidas com os licenciandos, encontraram os mesmos tipos de relações que as detectadas entre os alunos pesquisados anteriormente por LONGHINI.

Através dos dados obtidos, percebeu-se que Antônio, Tereza e Kátia apontaram para o ar, como o agente que faz a tampa se soltar; outros como Mário, Eduardo e Amanda, atribuíram à igualdade entre a pressão interna e externa, mais condizentes com uma explicação científica.

**7ª QUESTÃO: Canudinho:** “*Explique fisicamente por que o líquido sobe através do canudo.*”

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
----------------	------------------	---------------



Mário	* Pressão na extremidade do canudo próxima a boca é menor que na extremidade próxima ao copo (pressão atmosférica empurra)	01
Eduardo	* Pressão na extremidade do canudo próxima a boca é maior que na extremidade próxima ao copo.	01
Tereza, Kátia	* O líquido sobe porque a pessoa faz pressão ao sugar.	02
Sandro	* O líquido sobe devido à pressão, sem citar que pressão é essa.	01
Antônio, Amanda	* Sem resposta.	02
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa atividade foi baseada em uma situação em que a maioria das pessoas vivencia no dia-a-dia, que é o ato de beber, por exemplo, refrigerante, utilizando-se de um canudinho plástico. A explicação científica para este fato requer que o sujeito desloque sua atenção do copo, líquido ou canudo, para a atuação da camada de ar externa que cerca a Terra.

Os dados acima apontam que nem todos os licenciandos explicaram o fato de maneira cientificamente aceitável, relacionando de maneira desconexa a pressão; atribuindo, por exemplo, o ato de sugar como o responsável pela criação de uma pressão, como indicam Kátia e Tereza. A idéia de sucção está constantemente presente em resultados de pesquisas envolvendo situações experimentais como essa. Segundo diSESSA(1989) *apud* TYTLER (1998), esta idéia pode ser classificada como fenomenologicamente primitiva, ligada a uma atividade sensório-motora.

Mário, também para esta questão, apresentou uma resposta condizente com a explicação científica.

**8ª QUESTÃO: Placas de vidro: “Por que elas permanecem unidas?”**

Licenciando(s)	Tipo de respostas	No. de alunos
Eduardo	* Pressão negativa no interior das placas impede a separação.	01
Mário	* Pressão ao redor das placas as mantém unidas.	01
Sandro	* Força provocada pela pressão é maior que o peso das placas.	01
Amanda	* Tensão superficial entre as placas.	01
Tereza	* Pressão entre as placas.	01
Antônio	* Força das moléculas de água entre as placas.	01
Kátia	* Sem resposta.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa questão foi elaborada com base nas discussões decorridas durante as aulas a respeito do desenvolvimento histórico do conceito de pressão atmosférica. Conforme aponta o levantamento histórico presente no Anexo II, elas se iniciaram na Antigüidade, com as idéias a respeito da existência ou não do vácuo, sendo Aristóteles o maior defensor de sua inexistência na natureza (horror ao vácuo); porém *Lucretius*, no mesmo período, apontava até um modo de produzi-lo, através da junção de duas placas. Se essas fossem separadas bruscamente, por um pequeno instante, haveria um vazio entre elas até que o ar chegasse ao ponto central (*De Renum Natura*, livro I, 386-397 *apud* MARTINS, 1989).

Se as placas forem molhadas antes de entrarem em contato, maior é a garantia que entre elas o espaço estará desprovido de ar, uma vez que a água preencherá os espaços “vazios”. Segundo a explicação científica atual, as placas estarão sofrendo fortemente a influência da pressão do ar externo (dificuldade para separá-las).

A atividade buscou verificar, como na anterior, se os licenciandos atribuíam à explicação do problema ao ar externo. Os resultados apontaram novamente que, quando os licenciandos citaram o termo ‘pressão’, nem sempre o relacionaram de maneira condizente com a científica para o fenômeno em questão. Eles apresentam a idéia de que a pressão “*entre as placas*”, indicada por Tereza, ou “*pressão negativa*” por Eduardo, como sendo o que faz com que elas permaneçam aderidas uma à outra. Mário indicou a pressão como resposta, porém externa às placas. Segundo TYTLER (1998), deslocar a atenção para o ar externo não é uma tarefa óbvia para crianças e nem mesmo para adultos.

**9ª QUESTÃO: Desentupidor: “Por que ele permanece preso à parede?”**

Licenciando(s)	Tipo de resposta	No. de alunos
Mário	* Pressão externa (atmosférica) empurra o desentupidor contra a parede.	01
Eduardo	* Adquire pressão interna negativa (vácuo).	01
Antônio	* Falta de ar na superfície interna.	01
Sandro	* Baixa pressão no interior do desentupidor.	01
Amanda	* Aumento na pressão interna quando sai o ar.	01
Tereza	* Aumento da pressão interna quando o ar sai.	01
Kátia	* Simplesmente pressão, sem especificar nada mais.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

A atividade do desentupidor foi extraída da pesquisa de TYTLER (1998) (O dardo pegajoso). As respostas obtidas com os licenciandos apontaram que este fato, geralmente, é explicado não pela ação de uma pressão externa maior, e sim pela atuação de uma pressão interna menor, uma “*pressão negativa*”, como indicou Eduardo, estando aí, implícita, a noção de algo que suga.

Sandro e Mário atribuem à baixa pressão interna como respostas possíveis, mais condizentes com a explicação científica.

Analisando agora, a primeira parte do questionário, ou seja, a relativa ao conteúdo específico de pressão atmosférica, os resultados apontaram para concepções ingênuas a respeito do tema. Os licenciandos apresentam certos padrões de respostas próximos aos de alunos de Ensino Básico, o que é preocupante, uma vez que poderão muito em breve estar atuando como professores de Física neste nível escolar. Esse problema, segundo GROSSMAN *et al.* (1989), pode ser atribuído à má formação oferecida pelos cursos de licenciatura. BALL e McDIARMID *apud* COCHRAN e JONES (1998) apontam que grande parte do conhecimento dos conteúdos específicos que os professores apresentam, é fundamentado em experiências do cotidiano, ao invés de um conhecimento adquirido em programas de formação.

Esse problema pode também estar relacionado ao tipo de ensino que as licenciaturas vêm oferecendo atualmente. Há uma falta de espaço para reais discussões sobre os fenômenos físicos, em detrimento de um excessivo número de problemas matemáticos, muitas vezes irreais. Segundo CARVALHO (1992, p.54), “os problemas-padrão realizados conduzem a resoluções algorítmicas, repetitivas, sem contribuir para desenvolver formas de raciocínios necessárias para abordar situações novas, como as questões não previstas que os alunos podem colocar”.

Esta deficiência de conteúdos básicos, segundo CARVALHO (1992), pode tratar-se também de um obstáculo para que estes professores assumam posturas inovadoras em suas aulas, podendo se tornar meros transmissores dos conteúdos de livros didáticos. Dentre os sete licenciandos, Mário foi o que apresentou um melhor conhecimento do conteúdo específico de pressão atmosférica, sendo a maior parte de suas respostas, próximas às explicações científicas; assim como Sandro, que se destacou também em algumas questões.

## PARTE II

Além das nove questões propostas sobre o conteúdo específico de pressão atmosférica, foram levantadas algumas outras, na tentativa de analisar as concepções dos licenciandos sobre História e Filosofia da Ciência.

Segundo LÜDKE e ANDRÉ (1996, p.2), mesmo no meio acadêmico, muitos profissionais têm uma visão mistificada dos cientistas e da atividade científica. Segundo as autoras,

*“Encontramos por vezes, entre nossos alunos e até mesmo na literatura especializada, uma certa indicação de que a atividade de pesquisa se reservaria a alguns eleitos, que a escolheram, ou por ela foram escolhidos, para exercê-la em*

*caráter exclusivo, em condições especiais e até mesmo assépticas em sua torre de marfim, isolada da realidade”.*

As questões utilizadas foram adaptadas do projeto Pró-Ciências/FAPESP, conforme relatado anteriormente. Os principais tipos de respostas são indicados abaixo, juntamente com os nomes dos licenciandos que os apresentou :

**\* Sobre a importância da História da Ciência no ensino**

- Antônio, Kátia, Amanda, Eduardo, Tereza, Mário: *ajuda a apresentar a ciência não como absoluta, mas em evolução, mostra como as leis foram construídas ;*
- Sandro: *aumenta o “leque” de informações dos alunos.*

**\* Sobre o trabalho do cientista**

- Eduardo, Antônio, Mário, Amanda, Tereza: *observar, realizar experimentos, utilizar dados de outros trabalhos ;*
- Sandro: *testar teorias, investigá-las;*
- Kátia: *buscar resolver problemas.*

**\* Motivos que levam os cientistas a pesquisarem**

- Eduardo, Antônio, Karina, Mário, Amanda: *curiosidade, motivação, busca por avanços científicos;*
- Sandro, Tereza: *“Ibope” da pesquisa, reconhecimento, influência de pesquisas atuais.*

**\* Sobre o dinheiro para as pesquisas**

- Mário, Tereza: *vem de instituições que visam utilizar os resultados;*
- Antônio, Kátia, Amanda, Eduardo: *agências de fomento;*
- Sandro: *instituições privadas.*

**\* Sobre a dependência por parte dos cientistas de trabalhos anteriores**

- Eduardo, Kátia, Sandro, Amanda, Tereza: *eles podem depender de outras pesquisas;*
- Mário: *alguns podem ter idéias originais, independentes de outros.*

**\* Sobre a realização de experimentos pelos cientistas**

- Tereza, Mário: *servem para alterar teorias, criar outras novas, comprovar algo, tirar conclusões;*
- Atanásio, Kátia, Amanda, Eduardo, Sandro: *são usados para formularem leis, reforçarem teorias, haver evolução científica.*

**\* A respeito de teorias que podem ser substituídas por outras**

- Eduardo, Tereza, Kátia, Mário, Amanda: *podem ser substituídas, pois podem estar erradas;*
- Sandro: *não são necessariamente substituídas e sim implementadas;*
- Antônio: *o processo é lento e depende também da comunidade científica.*

**\* Sobre o fato de cientistas inventarem ou descobrirem teorias**

- Tereza, Sandro: *nem um nem outro, simplesmente comprovam;*
- Kátia, Eduardo: *descobrem, às vezes por “insights”;*

- Antônio, Mário: *inventam*.
- Amanda: *inventam e descobrem*.

Dos resultados obtidos através das duas partes desse questionário inicial, algumas considerações podem ser feitas. A respeito de aspectos da História e Filosofia da Ciência, os licenciandos apresentaram idéias que não se poderia classificá-las como “ingênuas”. Eles vêem a História da Ciência como um ponto que pode ser útil em suas aulas, que pode propiciar aos alunos uma visão de “ciência viva”. Eles também apresentam concepções variadas sobre alguns pontos da atividade científica, como a evolução de teorias, o financiamento de pesquisas e as “descobertas” na ciência. Essas idéias podem já ter sido estruturadas em alguns semestres anteriores, em discussões que os licenciandos tiveram em outras disciplinas pedagógicas, segundo apontam alguns deles.

#### **4.2.2 Análise do questionário final e sua comparação com o inicial**

Ao final do semestre, após terem sido realizadas todas as aplicações e suas respectivas reflexões posteriores (reflexão sobre a reflexão-na-ação), outro questionário foi aplicado, como já fora relatado em capítulos anteriores. Buscou-se, através de sua análise em relação ao aplicado no início do semestre, *verificar se houve alguma evolução em relação ao conhecimento do conteúdo específico dos licenciandos sobre o tema específico: pressão atmosférica*.

As questões propostas não foram as mesmas que os licenciandos responderam no questionário prévio; neste, apesar delas se aterem ao mesmo conteúdo específico, buscou-se selecionar problemas diferenciados dos anteriores. Com isto, procurou-se verificar se os



licenciandos reconheceriam em situações ‘novas’, os mesmos princípios físicos abordados nas questões passadas. Em relação à aprendizagem de conceitos e princípios, ZABALA (1998, p.43) aponta que

*“Sabermos que faz parte do conhecimento do aluno não apenas quando este é capaz de repetir sua definição, compreensão ou exposição de um fenômeno ou situação; quando é capaz de situar os fatos, objetos ou situações concretas naquele conceito que os inclui. Podemos dizer que sabemos o conceito ‘rio’ quando somos capazes de utilizar este termo em qualquer atividade que o requeira [...] e não apenas quando podemos reproduzir com total exatidão a definição mais ou menos estereotipada deste termo”.*

As respostas, apresentadas abaixo, não foram transcritas na íntegra e sim, como anteriormente, classificadas através das idéias principais indicadas pelos licenciandos.

## PARTE I

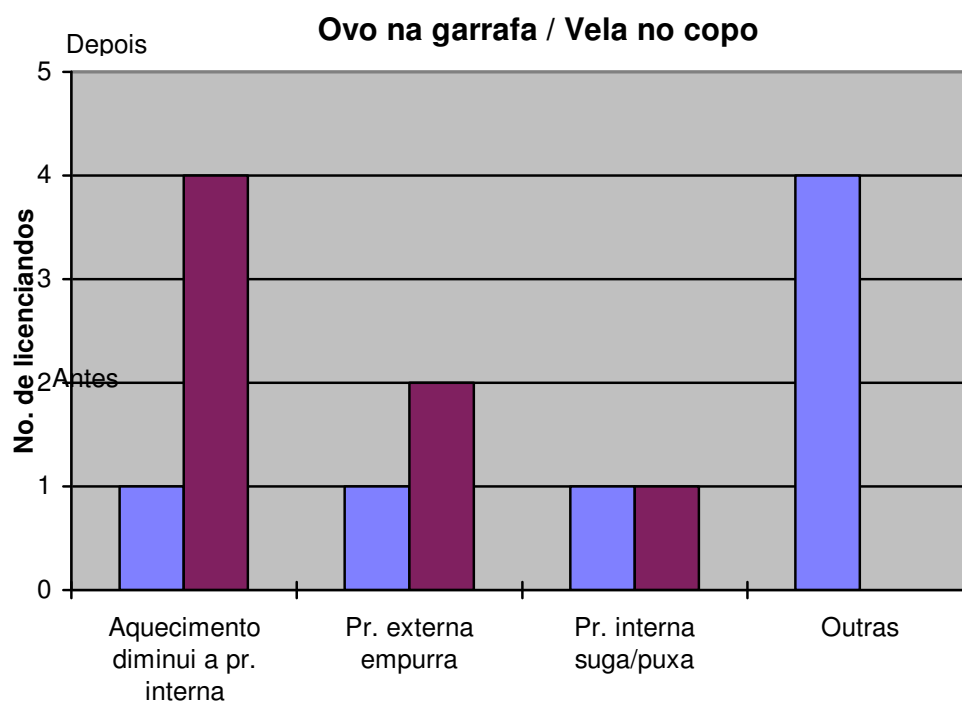
**QUESTÃO Ia: Vela no copo:** *“Por que a água sobe pelo copo quando a vela se apaga?”*

Licenciando(s)	Idéia principal	No. de alunos
Mário, Kátia	* A água é empurrada para dentro do copo pela diferença entre a pressão interna (menor) e a externa (maior).	02
Sandro, Antônio, Tereza	*A água sobe de modo a igualar as diferentes pressões (interna e externa) que foi provocada pelo aquecimento interno.	03

Amanda	* O aquecimento diminui a pressão interna e a água sobe.	01
Eduardo	* O aquecimento diminui a pressão interna e a água é sugada para dentro do copo.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa atividade foi proposta na busca de verificar, após o curso, como os licenciandos interpretariam fenômenos em que a variação da pressão do ar é devida ao aquecimento deste. No questionário prévio, esta questão estava relacionada com a atividade do “ovo na garrafa”, em que a pressão externa maior empurrava o ovo para a região aquecida e, portanto, de menor pressão. Nesse último, todos os licenciandos responderam à questão em termos das diferenças entre pressão interna e externa e alguns, indicaram que o aquecimento diminui a pressão interna. Esses resultados apontaram um avanço em direção a uma explicação cientificamente aceitável, se comparado aos tipos de respostas apresentadas na atividade do “ovo na garrafa”, na qual somente Amanda e Mário atribuíram o aquecimento à variação de pressão.

Em seguida, é apresentado em um gráfico, um paralelo entre os tipos respostas dos



dois questionários para as situações envolvendo o aquecimento de ar em um recipiente fechado e, conseqüentemente diminuição da pressão interna.

**Figura 02: Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo a ação da pressão externa sobre uma região de baixa pressão causada por aquecimento.**

No questionário final, percebeu-se entre os licenciandos um padrão mais homogêneo de respostas, ou seja, uma linha de raciocínio seguida por eles, o que se comparada aos mesmos dados do questionário anterior, houve uma diferença significativa. Na primeira aplicação, por exemplo, surgiram idéias como a que considerava a pressão como um agente que ‘puxa’, apresentada por Kátia e, que ao final, já atribuía ao aquecimento o fato da água “subir”. Respostas relativas à possível dilatação do recipiente não surgiram no questionário final.

Amanda e Mário, que apresentaram no questionário prévio respostas mais próximas às científicas, continuaram mantendo-as ao final do semestre (o aquecimento causa a diferença de pressão).

*QUESTÃO Ib: Bexiga com líquido colorido: “O que ocorrerá com o líquido da bexiga?”*

Licenciando(s)	Idéia principal	No. de alunos
Mário, Antônio, Tereza, Eduardo	* Subirá em diferentes alturas devido à diferença de pressão.	04
Kátia, Sandro	* À profundidade de 10cm, corresponderá uma altura de 10cm no tubo; o mesmo para 80 cm.	02
Amanda	* Sem resposta.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa questão foi desenvolvida com base nas discussões realizadas durante o curso, quando a questão da variação da pressão com a altura foi abordada, principalmente nos

estudos e discussões sobre o desenvolvimento histórico do conceito. Apesar da questão proposta envolver água ao invés de ar, como agente responsável pela elevação do líquido no tubo preso à bexiga, ela buscou relacionar vários episódios históricos utilizando colunas de líquidos, como o episódio do poço, ou mesmo as experiências de Pascal no monte “Puy de Dôme”. Buscou-se, portanto, verificar que tipo de relação os licenciandos estabeleceriam entre a profundidade em um fluido e a pressão exercida por este.

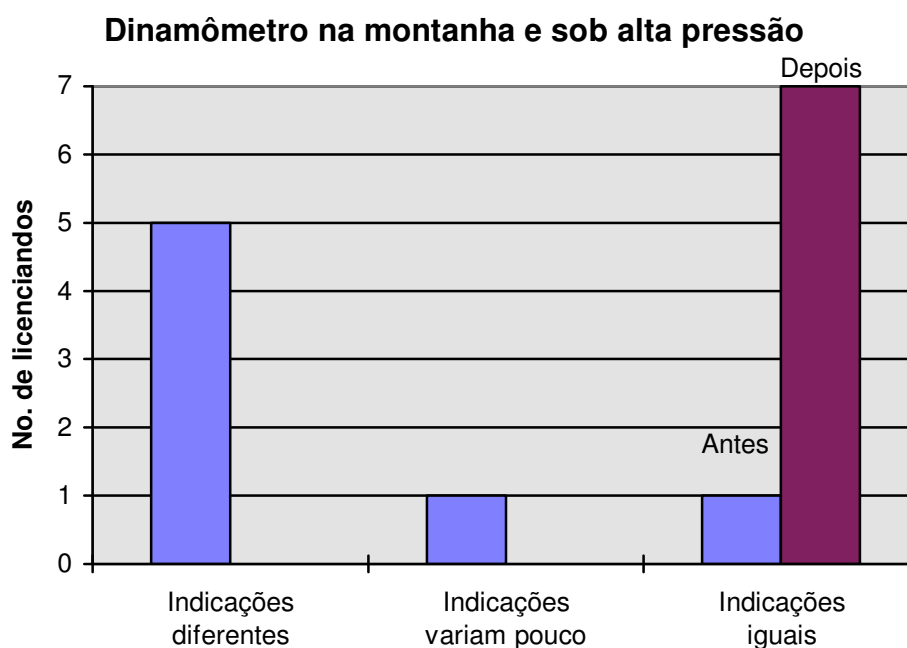
Pelas respostas obtidas, pôde-se perceber que para esta situação, os futuros professores construíram uma relação mais próxima à científica, ou seja, o aumento da profundidade ocasiona uma elevação na altura do líquido no tubo devido a um aumento da pressão na base. Cabe ressaltar, que mesmo ao final do semestre, Amanda não respondeu à questão.

**QUESTÃO 1c: Bexiga na nave espacial: “Algum efeito poderá ser observado na bexiga?”**

Licenciando(s)	Idéia principal	No. de alunos
Tereza, Kátia	* O peso da bexiga diminuirá.	02
Antônio	* A bexiga perderá um pouco de ar. A gravidade é a responsável por isso.	01
Mário	* A bexiga estourará (pressão interna maior).	02
Eduardo	* A bexiga estourará (densidade do ar é menor na Lua).	01
Amanda	* Continuará da mesma forma, mas a pressão interna será maior.	01
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Segundo pesquisas realizadas (RUGGIERO *et al.* 1985), a relação entre gravidade e pressão do ar é um ponto que gera controvérsias nas concepções dos alunos quando defrontados com questões envolvendo conjuntamente estes dois conceitos.

No questionário prévio, o problema apresentado envolvia um objeto disposto em uma balança e, esta colocada num recipiente sem ar. Na situação anterior, somente Sandro, Mário e Amanda responderam que não haveria diferença na indicação da balança, relacionando ao efeito da ausência do ar. Nesse questionário final, procurou-se através da utilização de uma nova questão, investigar as idéias dos licenciandos sobre o tema. Na nova questão, foi sugerido levar uma bexiga cheia de ar em locais sujeitos a diferentes pressões. Nesse caso, como na situação da “balança no vácuo”, a gravidade não provoca nenhuma influência.



**Figura 03: Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo a relação entre pressão atmosférica e gravidade.**

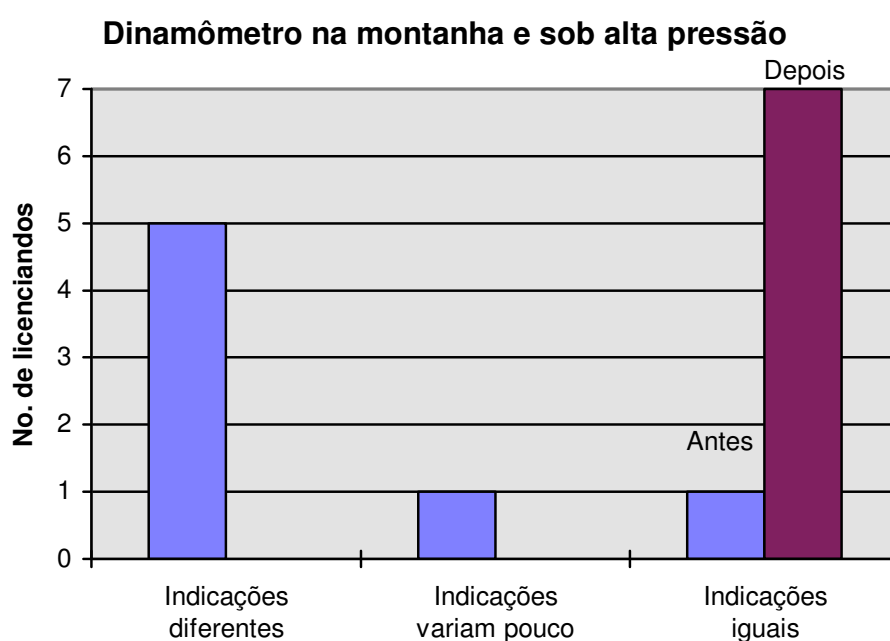
Analisando o gráfico anterior, percebe-se um número majoritário de respostas finais indicando a não variação da pressão pela gravidade; porém, nem todos a justificaram de maneira condizente com a científica.

Alguns licenciandos mantiveram posições contrárias, como Antônio, que no questionário prévio não havia respondido à questão análoga e, no posterior, indicou que a variação da gravidade é considerada como um fator que causa algum tipo de influência. Como explicação mais próxima à científica, temos a de Mário, que respondeu que a bexiga estourará em uma situação como esta, devido ao desequilíbrio entre pressão interna e externa.

**QUESTÃO Id: Dinamômetro sob alta pressão: “O que ocorrerá na indicação do dinamômetro?”**

Licenciando(s)	Idéia principal	No. de alunos
Tereza, Kátia, Antônio, Mário, Eduardo, Amanda, Sandro	* Nada ocorrerá.	07
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa situação foi elaborada com base na atividade do questionário anterior, proposta por RUGGIERO *et al.* (1985), que relacionava pressão do ar com gravidade. Na questão anterior, sugeriu-se que um dinamômetro fosse levado a diferentes alturas, logo, a diferentes pressões atmosféricas, e suas indicações seriam verificadas. Nessa nova questão, propõe-se que a variação da pressão no dinamômetro fosse provocada por um compressor de ar.



**Figura 04: Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo a relação entre pressão atmosférica e a indicação de um dinamômetro.**

Analisando as respostas dos licenciandos, pôde-se notar uma evolução significativa em relação ao questionário prévio, em que, somente Sandro respondeu que a indicação do dinamômetro permaneceria a mesma.

Se comparado às situações em que a gravidade varia, como na questão da bexiga levada em uma nave espacial, percebeu-se que os licenciandos concebem que esta variação

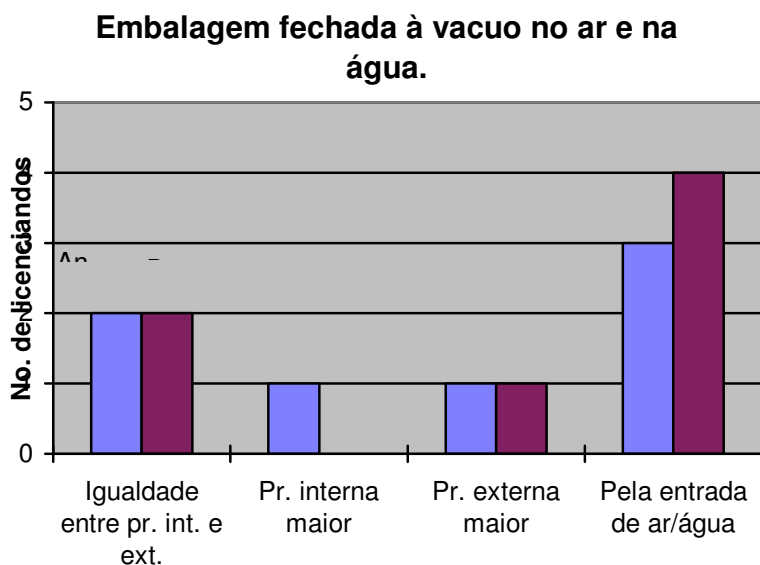
pode influenciar diretamente fenômenos envolvendo ar, porém em situações contrárias, concebem que a variação na pressão não afeta a atração gravitacional.

**QUESTÃO Ie: Lata de extrato de tomate submersa:** “*A tampa se abrirá mesmo submersa?*”

<b>Licenciando(s)</b>	<b>Idéia principal.</b>	<b>No. de alunos</b>
Tereza, Antônio, Eduardo, Amanda	* A lata se abrirá, entrando água ao invés de ar.	04
Kátia	* A lata não se abrirá, pois a pressão que envolve a lata é maior que a pressão interna.	01
Mário, Sandro	* A lata se abrirá pois a pressão interna da lata se iguala à externa.	02
<b>TOTAL</b>		<b>07</b>

Essa situação foi também proposta no questionário anterior, porém, nesta nova questão, sugeriu-se água como meio circundante, ao invés de ar. A idéia de propor a abertura da embalagem submersa em água foi para verificar se os licenciandos compreenderiam que algo entraria no recipiente quando o lacre fosse aberto, ou seja, que a água, portanto, exerceria o papel do ar nessa situação.





**Figura 05: Paralelo entre as concepções dos licenciandos para as questões envolvendo embalagens fechadas a vácuo quando abertas no ar e submersas em água.**

Nas respostas do questionário anterior não houve consenso sobre qual pressão seria maior: a interna ou externa ao recipiente. Amanda e Mário, anteriormente, explicaram a abertura da tampa da lata em termos de uma igualdade entre essas pressões, próximo, portanto, ao cientificamente aceitável. Eles mantiveram a idéia que a lata se abre, entrando, nesta situação, ar ao invés de água.

No questionário posterior, somente Kátia respondeu que a lata não se abriria, talvez pelo fato dela estar imersa em água, uma vez que no início do semestre, respondeu que quando o ar entrasse na lata, a tampa se soltaria. Quatro licenciandos justificaram que a água exerceria o papel do ar na nova situação, aproximando, portanto, da compreensão do princípio de vedação destas embalagens.

## **PARTE II**

**\* Sobre a importância da História da Ciência no ensino**

- Kátia, Sandro, Mário, Tereza: *ajuda a apresentar a ciência não como absoluta, mas em evolução;*
- Eduardo: *ferramenta para o professor;*
- Amanda, Kátia, Tereza: *auxilia na compreensão do trabalho do cientista;*
- Antônio: *trabalha a visão de Ciência, Tecnologia e Sociedade.*

**\* Sobre o trabalho do cientista**

- Mário: *elaborar teorias que facilitam nosso dia-a-dia;*
- Eduardo, Kátia, Antônio, Sandro: *resolver problemas;*
- Tereza: *confirmar hipóteses;*
- Kátia: *aperfeiçoar técnicas já desenvolvidas;*
- Amanda, Mário: *entender a natureza.*

**\* Motivos que levam os cientistas a pesquisarem**

- Mário, Kátia, Amanda, Antônio, Sandro: *curiosidade, motivação, busca por avanços científicos;*
- Sandro: *“Ibope” da pesquisa, reconhecimento, influência de pesquisas atuais;*
- Eduardo, Tereza: *escolha de um assunto pelo próprio cientista.*

**\* Sobre o dinheiro para as pesquisas**

- Mário: *vem de instituições que visam a utilizar os resultados das pesquisa;*
- Eduardo, Kátia, Antônio, Amanda, Mário, Sandro: *agências de fomento;*
- Eduardo, Antônio: *instituições privadas.*

**\* Sobre a dependência por parte dos cientistas de trabalhos anteriores**

- Mário, Eduardo, Kátia: *na maioria das vezes eles dependem de outras pesquisas;*
- Antônio, Amanda, Sandro: *alguns podem ter alguma idéia original, independente de outros;*
- Tereza: *não dependem, só os primeiros cientistas dependiam.*

**\* Sobre a realização de experimentos pelos cientistas**

- Tereza, Antônio, Mário: *servem para alterar teorias, criar outras novas, comprovar algo, tirar conclusões ou mesmo enquadrar os fenômenos à teoria vigente;*
- Eduardo, Kátia: *são usados para formular leis, reforçar a teoria, haver evolução científica;*
- Sandro: *confirmar ou refutar teorias.*

**\* A respeito de teorias que podem ser substituídas por outras**

- Kátia, Antônio, Amanda, Mário, Sandro: *podem ser substituídas, por não responderem mais a determinados problemas;*
- Eduardo, Tereza: *podem ser substituídas, pois não é possível determinar uma verdade absoluta.*

**\* Sobre o fato de cientistas inventarem ou descobrirem teorias**

- Tereza: *nem um nem outro, simplesmente formulam;*
- Kátia: *descobrem os fatos e depois inventam as teorias;*

- Amanda, Tereza: *inventam, muitas vezes baseando-se em outros cientistas;*
- Mário, Sandro: *nem inventam, nem descobrem.*
- Eduardo: *inventam e descobrem.*

Quando analisadas as respostas da segunda parte do questionário final, percebe-se que não houve mudanças significativas em relação à visão que os licenciandos tiveram a respeito da História e Filosofia da Ciência, quando comparada às respostas do questionário anterior. Algumas outras idéias novas surgiram, mescladas às idéias anteriores.

Os licenciandos continuaram apontando para a importância do uso da História da Ciência no ensino. Eduardo respondeu que, além dela ajudar a apresentar uma ciência em evolução, também pode ser útil na elaboração de atividades, idéia esta que não havia surgido anteriormente.

A respeito do trabalho do cientista, continuou presente a idéia de que os pesquisadores buscam resolver problemas, confirmar hipóteses etc. Porém, no questionário final, Kátia indicou que além de resolver problemas, os cientistas podem aperfeiçoar técnicas já desenvolvidas. A curiosidade e a motivação continuaram, segundo os licenciandos, como os fatores que mais influenciam na escolha dos assuntos que os cientistas buscam pesquisar. Percebeu-se também, através das respostas obtidas, a idéia de que o cientista trabalha sempre para que a sociedade possa usufruir cada vez mais de bens, como a eletricidade, citada como exemplo por um deles.

Em relação ao dinheiro destinado às pesquisas, a idéia predominante continua a mesma, ou seja, as verbas provêm de agências de fomento ou instituições particulares. As respostas dos licenciandos continuaram divididas sobre a dependência dos cientistas de

resultados de outras pesquisas realizadas anteriormente; alguns afirmaram que eles necessitam, outros acreditam que idéias novas possam surgir.

Sobre a função do experimento, as idéias principais continuaram as mesmas, ou seja, eles servem para comprovar hipóteses, formular leis, tirar conclusões etc. Segundo MEDEIROS e BEZERRA FILHO (2000), os experimentos, segundo concepções dos professores, é na maioria das vezes visto como revelador da verdade.

Como no questionário anterior, os licenciandos continuaram apontando que as teorias podem ser substituídas por outras, ou então melhoradas, pois nem sempre conseguem continuar respondendo a novos problemas que surgem. Sobre a criação ou invenção de teorias, as respostas do questionário prévio ficaram divididas, o que ocorreu também nos dados finais.

Através dessa análise comparativa entre os dois questionários, percebeu-se que o grupo de licenciandos não possui uma visão ingênua da atividade do cientista nem do desenvolvimento da Ciência. Isso pode ser resultado de algumas disciplinas que eles já haviam cursado anteriormente em que estes assuntos foram abordados.

O fato de analisarmos essas concepções dos licenciandos é porque entendemos que a compreensão do desenvolvimento da Ciência pode se tratar de um ponto positivo em direção a um ensino de Ciências de melhor qualidade. SHULMAN (1987, p.9), aponta que

“os professores acabam comunicando de uma maneira consciente ou não, idéias ou modos em que a ‘verdade’ é determinada em um campo ou em uma classe de atitudes e valores que marcadamente influenciam a compreensão dos estudantes”.

Segundo MEDEIROS e BEZERRA FILHO (2000), compreender o processo pelo qual um conceito ou conhecimento científico tem sido historicamente construído, tem o mesmo grau de importância quanto ao próprio conhecimento do conceito. Porém, os mesmos autores apontam que nem sempre um maior embasamento filosófico por parte do professor, determina que este vá desenvolver em sala de aula uma atitude compatível com suas crenças.

Os dados dos questionários apontam que, em relação ao conhecimento do conteúdo específico (SHULMAN, 1986), houve um avanço significativo entre as concepções apresentadas pelos futuros professores. Algumas idéias ainda permanecem baseadas em visões ingênuas (*pressão negativa; água sugada para dentro do copo..., etc*) porém, como apontam GROSSMAN *et al.* (1989), o conhecimento em relação aos conteúdos específicos vai sendo melhorado vagarosamente e não de maneira abrupta ou por saltos, como muitos pensam que ocorre.

#### **4.3 Análise do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo**

No questionário final, além das questões sobre o conteúdo específico e da História e Filosofia da Ciência, outras relativas ao conteúdo pedagógico foram acrescentadas (PARTE II). Elas buscaram verificar se os licenciandos reconheciam os tipos mais comuns de concepções espontâneas dos alunos sobre pressão atmosférica, além de investigar como eles associavam alguns aspectos do desenvolvimento histórico do conceito com atividades de ensino. Em um último item desse questionário, buscou-se analisar brevemente, através

da organização pelos licenciandos de um texto dissertativo, como eles transformariam os elementos trabalhados durante o curso (Concepções Espontâneas, História da Ciência), em conteúdos de ensino para alunos de nível médio (PARTE III). Através da análise destes textos, buscou-se investigar as idéias subjacentes dos licenciandos a respeito da prática docente. Segundo ZABALA (1998, p.33),

*“quando se explica, quando se exige um estudo concreto, quando se propõem uma série de conteúdos, quando se pedem determinados exercícios, quando se ordenam as atividades etc, de certa maneira, por trás destas decisões se esconde uma idéia sobre como se produzem as aprendizagens [...] por trás da prática educativa sempre há uma resposta a por que ensinamos e como se aprende”.*

Reafirmamos novamente que, a partir do item 4.3.1, focalizaremos nossa atenção nos dados obtidos com um licenciando de cada grupo, ou seja, Sandro, Amanda e Mário.

Cabe ressaltar que a seqüência em que as aplicações dos grupos está apresentada neste trabalho, corresponde àquela que ocorreu na prática, ou seja, iniciou-se pelo grupo G3, seguida de G1 e, ao final, o grupo G2.

#### **4.3.1 Conteúdo pedagógico do questionário final**

##### **QUESTÃO Ii: “Aula sobre a situação do canudinho”**

As questões sobre o *conteúdo pedagógico* presentes no questionário final buscaram analisar aspectos ligados ao reconhecimento dos tipos mais comuns de concepções dos alunos, assim como aspectos relacionados à História da Ciência.

**\* Erro conceitual mais comum de estudantes de Ensino Médio que os licenciandos apontaram**

- Mário, Amanda: *o refrigerante sobe porque é sugado;*
- Sandro: *o refrigerante sobe para ocupar o espaço do líquido quando ele sai, tratando-se de uma visão aristotélica.*

**\* Questão relativa ao episódio do poço, em 1630, na Itália**

- Sandro, Amanda: *devido ao fato da pressão produzida pela bomba de sucção não vencer a força do peso da água;*
- Mário: *o peso fica muito grande para ser puxado pela bomba.*

Analisando esses dados, percebe-se que Sandro, Amanda e Mário, ao final do semestre, mostraram reconhecer quais as principais concepções prévias que os alunos trazem para a sala de aula sobre o tema abordado. Isso pode ser consequência da análise dos resultados de outras pesquisas a qual tiveram contato no decorrer do curso, ou mesmo através dos resultados dos questionários que eles mesmos aplicaram em sala de aula. Em relação as suas idéias prévias sobre a situação do canudinho quando questionados no início do semestre, Amanda não respondeu à questão, e os outros dois apresentaram respostas próximas à científica.



Em relação à questão histórica, notou-se que houve uma compreensão razoável dos três licenciandos em relação ao episódio do poço; apesar de que nenhum deles citou a pressão atmosférica como sendo a responsável pelo equilíbrio da coluna de água e sim, referiram-se ao seu peso. Um outro aspecto que merece atenção, foi a resposta de Mário:

*“O peso da coluna de água ficava demasiadamente grande para ser puxado para cima”.*

Através dela, entende-se que Mário explicou a subida da água no tubo através de uma idéia em que ela é puxada e não empurrada para cima, como é o que ocorre.

**\* Relação entre o episódio do poço e o canudinho em situação de sala de aula**

- Mário, Sandro: *é possível a relação; a boca faria o papel da bomba como redutor de pressão e o líquido é empurrado pela pressão atmosférica;*
- Amanda: *não serve como parâmetro, pois o canudo é muito pequeno e bem mais fácil de diminuir sua pressão.*

Neste item buscou-se analisar se os licenciandos poderiam, em uma situação hipotética de sala de aula, estabelecer uma relação entre um canudo num copo com água e um tubo no poço, de modo a trabalharem o conceito de pressão atmosférica com seus alunos. Salvo as diferenças do tamanho do canudo em relação ao tubo e, do agente que exerce a “sucção” (boca no caso do canudo e bomba no caso do poço), entendemos que a relação pode ser estabelecida, pois a pressão atmosférica é a responsável pela subida do líquido em ambas as situações, uma vez que tanto o conjunto, copo e canudo, e o poço, estão abertos à atmosfera.

Analisando suas respostas, notou-se que não houve uma concordância total entre as opiniões coletadas. Mário e Sandro entenderam que esta relação é possível, fazendo a analogia pertinente, porém, Amanda citou que a situação do canudo não pode servir como parâmetro, pois os tamanhos dos tubos são diferentes. Sua resposta não é totalmente equivocada; porém a questão proposta foi clara ao perguntar a “possível relação” entre estas duas situações. Cabe ressaltar que Amanda mostrou compreender este episódio histórico, segundo a análise de sua resposta no item anterior.

#### **4.3.2 Análise do processo de elaboração das atividades durante o semestre**

Um dos momentos durante o curso, que foi registrado através de gravações em *videotape*, foi uma recapitulação feita pelo professor a fim de se observar qual o impacto e a influência do estudo do desenvolvimento histórico do conceito sobre os licenciandos. Algumas questões foram levantadas e as idéias dos licenciandos foram coletadas; portanto, antes do início do processo de elaboração das aulas por eles. Procurou-se com isso, investigar previamente quais eram suas dúvidas, anseios etc em relação à organização de atividades de ensino para alunos de Ensino Médio.

De modo a analisar se os licenciandos estabeleciam alguma relação entre as concepções alternativas dos alunos com certas idéias presentes no desenvolvimento histórico, o professor questionou se existiam nas idéias prévias dos estudantes algo que pudesse se relacionar ao “horror ao vácuo”, idéia esta bastante presente na Antigüidade. Amanda apontou para a concepção na qual os alunos indicam que “se algo sai, outra coisa entra no lugar”, o que mostra que ela pode ter estabelecido uma relação possível, porém, o mesmo não ocorreu com o restante da sala, que permaneceu sem expor suas idéias.

A discussão da História da Ciência mostrou-se como um ponto promissor dentro das atividades desenvolvidas durante o semestre. Sandro relatou que anteriormente nunca havia tido contato com o desenvolvimento histórico de conceitos físicos, e apontou que, em uma das disciplinas cursadas durante o terceiro semestre da Universidade, só havia trabalhado matematicamente com o conceito de pressão. Posturas como esta podem contribuir para reforçar o modelo de aulas expositivas entre futuros professores. CARVALHO (1992) aponta que muitas destas práticas aprendidas enquanto alunos são reproduzidas em sala de aula.

DEMO (1996, p.284) aponta que as Universidades vêm contribuindo para “processos formativos baseados quase que exclusivamente na aula expositiva que ensina a copiar [...] ambiente de improdutividade marcante nos professores e nos alunos, caracterizado pelo currículo extensivo, dedicado a transmitir matéria de maneira apenas horizontal, como uma sucessão de aulas”.

Durante as discussões, Amanda indicou a dificuldade em se conhecer o desenvolvimento histórico de todos os conceitos físicos. Ela também apontou para uma certa insegurança em relação a trabalhar com aspectos históricos ou discussões em sala de aula, pois segundo ela, os alunos poderiam “*colocá-la na parede*”, referindo-se a situações nas quais não saberia como responder às questões levantadas por eles. BELL (1998) aponta que é comum a insegurança dos docentes perante novas situações de ensino, pois estas, sendo muitas vezes instigantes, propiciam que os professores estejam sujeitos a um número maior de questionamentos dos alunos.

Durante as discussões desenvolvidas na ocasião desta aula, o professor propõe que os licenciandos busquem elementos da História da Ciência e das concepções que pudessem ser contemplados na aula, levantando a seguinte questão:

*“Quais são os pontos da História da Ciência [do material analisado] que vocês acham que podem ser utilizados em sala de aula?”*

Os licenciandos timidamente apontaram o “horror ao vácuo”, porém a maioria permaneceu sem opinar. Sandro lembrou um momento importante para a consolidação do conceito, que segundo ele, foi o episódio do poço. O professor questionou qual foi a questão que esteve envolvida neste episódio:

*“[...] na questão do poço, qual é a questão que está por trás?”*

Eduardo: *“... é a força... é a força que agia que eles chamavam de pressão atmosférica...”*

Sandro: *“... não!... está mais relacionado com a gravidade aí, não é?”*

Mesmo após as várias discussões, ainda persistia a relação entre gravidade e pressão. Cabe ressaltar que Sandro não havia apresentado este tipo de relação confusa nas questões anteriores. Em relação ao aspecto pedagógico deste episódio, ele apontou que a questão da não elevação de água poderia tratar-se de uma atividade motivante para os alunos.

O professor questionou se esta poderia então, ser uma situação utilizável em sala de aula. Sandro afirmou que não, pois não se teria um cano com dez metros para realizar o experimento em questão. Amanda, porém, apontou para a possibilidade de se “transmitir”

para os alunos algum filme que mostrasse estes momentos históricos, pois certas atividades se tornariam difíceis de serem realizadas em situações de sala de aula.

Sandro, na tentativa de tornar o fato histórico uma situação de ensino em sala de aula, propõe trabalhar com os alunos uma analogia entre o episódio do poço e o argumento da corrente que se rompe com seu próprio peso, proposto por Galileu no século XVI:

*“[...] você eleva a corrente até uma altura e ela se rompe com seu próprio peso... E a água? A água se quebra?”*

Isso mostra que ele pôde estabelecer algum tipo de relação frutífera entre estes conceitos, porém cabe ressaltar que a idéia da corrente foi superada e substituída por outra nos dias atuais. Ele relatou como sendo esta uma possível questão para os alunos, indicando, portanto, que neste caso a História da Ciência foi utilizada como uma ferramenta ao docente na elaboração de atividades de ensino.

Sandro parece ter compreendido melhor o desenvolvimento histórico, quando relatou que o problema do poço só teve uma explicação satisfatória com os experimentos posteriores, de Pascal e Torricelli.

Professor: *“E qual a diferença entre o experimento de Torricelli para a questão da bomba?”*

Sandro: *“Porque o Torricelli leva em conta a pressão externa”.*

Em um dos momentos da discussão, o professor pediu aos licenciandos quais eram as possíveis atividades que poderiam ser usadas para aplicação com os alunos. Amanda questionou se as atividades do Plano de Aula não poderiam ser as mesmas que eles aplicariam no levantamento das concepções. Sandro afirmou que não precisariam utilizar todas, sendo que algumas poderiam ser situações novas onde se estaria, posteriormente, *“explicando também o conceito de pressão”*.

Cabe ressaltar que segundo a fala de Sandro, perpassa uma visão tradicional, onde a ciência seria *“transmitida”* aos alunos. A prática docente centrada no tripé transmissão/recepção/fixação dos conteúdos é uma das características de muitos professores, conforme aponta ABIB (1996). Isso indica que Sandro buscou elaborar atividades construtivistas, porém, com aspectos tradicionais.

No decorrer da discussão, o professor apontou que ao desenvolverem posteriormente os Planos de Aula, poderiam ser introduzidos aspectos históricos nas atividades para os alunos do Ensino Médio. Estes poderiam ser incorporados até mesmo através de um pequeno texto. Sobre este aspecto Sandro comentou:

*“Eu acho que a gente poderia fazer um apanhado assim... uma discussão breve em dez minutos do que aconteceu na história”*.

Em certo momento, Sandro sugeriu que a aula poderia tornar-se até mesmo mais agradável se fosse *“contada uma historinha”* e, que isto, favoreceria até mesmo a localização temporal dos alunos no decorrer dos séculos. O professor questionou:

*“O que você quer dizer com historinha?”*

Sandro: “*Historinha é contar... [pausa]...descrever este texto aqui*”. [aponta para o texto sobre o desenvolvimento histórico]

Este tipo de idéia pode indicar que Sandro estaria buscando inserir a História da Ciência no ensino, porém pautada em aspectos tradicionais, como o de simplesmente relatar uma história aos alunos.

O professor, durante as discussões, buscou relembrar também aspectos que pesquisadores da área mostram como positivos e negativos para a utilização da História da Ciência no ensino. Sandro apontou como os principais, a falta de tempo suficiente nas aulas e o não preparo por parte dos professores. Sobre a questão do tempo ele relatou:

*“[...] por isso seria uma historinha... [neste momento ele ri]... é difícil falar isso: uma historinha!! ...seria mais estar descrevendo o que aconteceu aqui, né?”*

Em momentos posteriores, o professor abordou a questão do número de aulas que os licenciandos necessitariam para a aplicação das atividades nas escolas e, Sandro afirmou que duas aulas seriam suficientes: uma primeira para o levantamento das concepções dos alunos e uma segunda para o desenvolvimento das atividades. Porém, na concepção deste licenciando, a segunda aula não estaria dentro de uma abordagem construtivista:

*“O problema é que esta aula eu não sei se encaixaria no método construtivista... seria mais uma aula expositiva, né?”*

Professor: *Qual?*

Sandro: “*O segundo dia que a gente estaria expondo o conceito de pressão né? [...] Infelizmente na Física você não consegue fugir da formalidade [...] você consegue até certo ponto [...] seriam as equações, coisas assim né?*”

*Quando você acaba de contar isto aqui [apontando para o texto sobre o desenvolvimento histórico], o formalismo matemático já é um vagão que está atrás, que já vem vindo junto”.*

Fica presente neste diálogo a idéia de uma história contada, e não a busca de sua utilização como subsídio na construção do conceito com os alunos, postura esta enfatizada durante a Unidade de ensino desenvolvida com os licenciandos. É possível também perceber a forte influência do modelo de Ensino de Física pautado nas idéias construídas durante suas vidas escolares, em que aspectos matemáticos devem estar necessariamente presentes nas aulas. Segundo ADAMS e KROCKOVER (1997), as disciplinas de conteúdo específico, cursadas durante a faculdade acabam servindo como modelos de instrução para futuros professores.

Sandro relatou sobre alguns pontos da História da Ciência em que foram trabalhados aspectos matemáticos, como as várias medidas realizadas no monte Puy-de-Dôme, e o professor questionou como este episódio, por exemplo, poderia ser revertido em uma situação de ensino. Sandro respondeu:

*“De ensino?... eu vou contar isso aqui que eu estou contando, lá.”*

O professor sugeriu que estes aspectos poderiam ser colocados na forma de problemas, pois esta seria uma postura mais construtivista de ensino do que simplesmente contar uma história onde o aluno teria a função de acreditar.



Sandro: “... *mas eu posso contar a história e depois levantar questões pra eles*”.

Posteriormente, Sandro procurou fazer uma retificação em relação à idéia de relatar uma história aos alunos, indicando que ele poderia contá-la, porém, levantando questões aos alunos, tratando-se, portanto, segundo ele, de uma maneira menos expositiva de ensino.

Um outro momento que foi registrado em *videotape* foi aquele em que os grupos apresentaram os resultados dos levantamentos das concepções prévias dos alunos, realizados nas classes onde aplicariam as atividades posteriormente. G2 foi o primeiro grupo a apresentar aos colegas os resultados obtidos.

Segundo relatos de Amanda, uma das integrantes deste grupo, na aplicação das atividades, os alunos foram tomados como ‘cientistas’ e teriam, nesta tarefa, portanto, de fornecer informações sobre as questões levantadas. Amanda disse à classe:

*“Vocês vão ter que explicar e convencer a comunidade científica presente [os colegas de classe] que sua teoria é melhor”.*

Isto pode indicar que ela, nesta atitude, buscou apresentar uma visão de ciência não como verdade única e sim, como algo passível de discussões e com diversas visões.

Amanda: *“Agora as suas visões de mundo que vocês têm, vocês vão ter que falar pra gente... independente se a professora deu... é o que vocês acham!”*

Na atividade da balança, que o grupo aplicou com os alunos em situação de sala de aula para levantamento das concepções prévias, obtiveram bons resultados:

Amanda: *“Seis deles [dos alunos] falaram assim, ó: não vai alterar nada na massa, é a mesma coisa... de cara, seis alunos! A gente achou legal ... o contrário da gente aqui [risos] [refere-se aos colegas de classe]... que nós ficamos na dúvida”.*

Esta fala mostra que o processo de reconhecer as idéias prévias que os alunos trazem para a aula pode, muitas vezes, fazê-los descobrir que elas podem ser até mesmo próximas às suas. VILLANI e PACCA (1997) apontam que discussões sobre experimentos de laboratório, textos históricos ou mesmo um filme didático, são fatores que auxiliam os professores a reconhecerem que seus conhecimentos científicos são às vezes, limitados.

O autor, na ocasião, questionou o grupo de modo a saber se eles se sentiam aptos a trabalharem com alunos daquele nível de ensino. Amanda e Tereza afirmaram que com o conceito de pressão se sentiam preparadas; mas, com outros, a dificuldade seria maior; pois não saberiam as concepções espontâneas dos alunos sobre outros assuntos e nem a respeito do desenvolvimento histórico.

Amanda: *“[...] se amanhã eu fosse trabalhar com os alunos o tema pressão, aí sim eu diria que estou preparada, mas se fosse trabalhar com outro tema, mecânica, que com certeza eles têm concepções diferentes, aí eu não estaria preparada não!”*

O Grupo G3 foi o segundo a apresentar ao restante da turma os resultados de suas aplicações. Eles, assim como o Grupo G2, propuseram aos alunos que esses assumissem papéis de cientistas na tentativa de responder às perguntas.

Após a apresentação das diversas idéias coletadas, o autor questionou sobre a opinião do grupo a respeito do preparo deles para estarem trabalhando com as respostas dos alunos. Mário comentou:

*“De pressão a gente está preparado sim... a gente tem bastante instrumentos para conseguir explicar isso pra eles... convencê-los se for o caso.”*

Mário, até o presente momento, assumia uma postura de ensino pautada na transmissão de conteúdos, sugerindo até mesmo ‘convencer’ os alunos de certas idéias, caso fosse necessário, como indica a transcrição de sua fala acima.

O Grupo G1, ao aplicar as atividades, relatou que teve uma boa receptividade e interesse da turma de alunos. Assim como os outros dois grupos, eles também apresentaram ao restante da turma os resultados obtidos.

A equipe demonstrou ter estabelecido uma relação entre conceitos históricos e certas concepções dos alunos. Em relação à atividade do canudo, Sandro relatou:

*“Esses quatro alunos aqui [mostrando os questionários aplicados com os alunos] é a visão aristotélica ao pé da letra, né? Eles responderam... quando você suga, você retira o ar, e quando você retira o ar, alguma coisa tem que tomar o lugar daquele ar, que no caso, é o líquido! [...] foi bem a visão aristotélica”.*

E comentou também:

*“Teve uma aluna aqui, que é engraçado! Todos os quatro experimentos que ela descreveu, ela colocou o oxigênio como resposta dela”.*

Quando o grupo foi questionado sobre suas opiniões a respeito das respostas dos alunos, Sandro comentou:

*“Eles não são totalmente fora do mundo, né?”*

O grupo achou também positivo este tipo de atuação com os alunos, quando Sandro relatou:

*“Eu acredito que até isto daqui [referindo-se à aplicação das atividades] serve para a evasão escolar, porque se eles [os alunos] acharem interessante mesmo estes experimentos, se fosse realizado da próxima vez, teria mais alunos lá”.*

Este grupo, assim como os outros, também acreditou que estava preparado para trabalhar o conceito de pressão, mediante o estudo de todos os aspectos desenvolvidos durante o semestre. Em relação a outros conteúdos, relataram que teriam dificuldades. O pesquisador então questionou:

*“E se vocês fossem aplicar uma aula sobre óptica, por exemplo?”*

Sandro: “*Óptica? Nossa! Seria a pior aula que eles [os alunos] iriam ter [...] é preciso saber a história [...] Falta a concepção histórica ou coisa assim para a gente estar se baseando*”.

Durante os encontros que se seguiram, os grupos elaborariam seus planos de aula. Percebeu-se que, na tentativa dos grupos inserirem a História da Ciência em suas aulas, esta raramente foi proposta como uma ferramenta de auxílio. O modelo de aula expositiva, tradicional, influenciou em muitos momentos a seqüência de atividades elaboradas pelos licenciandos, como se verificará em seguida.

#### **4.3.3 Grupo G3 (Kátia, Mário)**

Em seguida, são apresentados o Plano de Aula (a), uma narrativa sobre o desenvolvimento da aula deste grupo (b) e, por fim, uma descrição sobre os aspectos discutidos durante o momento de reflexão em conjunto com a turma de licenciandos sobre a aula ocorrida.

Relembramos que a aula do Grupo G3 ocorreu em um município próximo a Bauru, numa escola pública, com uma sala de segundo ano de Ensino Médio, período diurno, com aproximadamente 30 alunos, na qual Kátia já era docente desde o início do ano.

##### **a) Plano de Aula**

*Tema: Pressão atmosférica*

*Docentes: Kátia*

*Mário*

*Duração: 02 horas-aula*

*Justificativas:*

- a) Alunos apresentam concepções espontâneas;*
- b) Conceito básico para entendimento do conceito de Física, tais como elevador hidráulico, bombas de poços artesianos, etc;*
- c) Presença do conceito em situações do cotidiano;*
- d) Necessidade de conhecer a história da ciência do conceito.*

*Objetivos:*

- a) Levantar as possíveis concepções espontâneas dos alunos sobre o tema;*
- b) Trabalhar condições para que o aluno evolua para concepções mais próximas das consideradas “cientificamente corretas”;*
- c) Promover relações entre o conceito físico e o cotidiano do aluno;*
- d) Desmistificar a figura do cientista como “o dono da verdade”;*
- e) Desenvolver atitudes de socialização entre os pares, respeito, ética entre outros.*

*Motivação:*

**Por que quando retiramos o lacre de uma lata de conserva, a tampa é retirada facilmente?**

*Como e por que, os alunos relacionam materiais escolhidos por estes com a pressão atmosférica?*

*Conteúdo:*

- a) História da ciência relacionada à pressão atmosférica;*
- b) Experimentos do dia-a-dia;*
- c) Conceitos básicos, tais como:*

- *Vácuo;*
- *Diferença entre força e pressão;*
- *Diferença entre massa e peso.*

Metodologia de ensino:

- *Exposição de experimentos para esclarecimentos e continuidade da aula.*
- *Leitura de trechos de alguns textos relacionados ao tema.*
- *Diálogo entre docentes e componentes dos grupos de alunos (alunos/alunos).*

Materiais:

- *Uma lata de conserva;*
- *Artigos da história da ciência sobre o tema;*
- *Materiais do dia-a-dia.*

Desenvolvimento da aula:

*Nós daremos início à aula com uma questão desencadeadora que irá despertar a curiosidade dos alunos. Esta questão estará relacionada ao experimento da lata de conserva.*

*Após isso, discutiremos as concepções prévias dos alunos, com respeito ao experimento.*

*Em seguida pediremos aos alunos mostrarem os materiais solicitados pelo professor, perguntando a eles por que tais objetos estão relacionados com a pressão atmosférica? Como?*

*Obteremos através disso uma “discussão” entre grupos formados e os docentes.*

*Sabendo agora, as concepções prévias dos alunos, daremos início à apresentação dos conceitos. Esclarecendo dúvidas ou erros conceituais, por exemplo: diferença entre massa e peso.*

*A história da ciência dará suporte aos docentes, auxiliando-os a mostrar a realidade da ciência.*

Avaliação:

*Após termos esclarecido os conceitos com relação à pressão atmosférica, perguntaremos novamente aos alunos a relação existente entre os objetos trazidos por eles e o tema em questão e também sobre a lata de conserva. Então, será observada a diferença conceitual apresentada pelos alunos.*

Bibliografia:

*LONGHINI, M.D. Origens e evolução histórica do conceito de pressão atmosférica. (mimeo.)*

**b) Desenvolvimento da aula**

A aula se desenvolveu com a participação conjunta dos dois licenciandos, sendo que coube a eles estruturarem como atuariam em conjunto em sala de aula.

Kátia inicialmente pediu aos alunos, em uma aula anterior, que trouxessem instrumentos do cotidiano relacionados com os experimentos que ela e Mário haviam apresentado no levantamento das concepções prévias conforme citaram no Plano de Aula. Apesar dela ter solicitado aos grupos anteriormente, nenhum deles trouxe os instrumentos para a aula.

Deste modo, propuseram como situação desencadeadora inicial uma lata de extrato de tomate fechada a vácuo, a qual Mário apresentou à sala. Através dela, os licenciandos buscaram trabalhar uma questão motivadora para a aula, conforme apontaram no roteiro



por eles elaborado. A questão estava relacionada à abertura da tampa da lata através da retirada do lacre.

Mário: *“Alguma vez vocês já imaginaram que pelo simples fato de tirar a borrachinha abre a lata?”*

Quando as questões relativas à embalagem foram feitas, ouviu-se entre os alunos o termo ‘vácuo’. Mário seguia então anotando algumas das respostas dos alunos na lousa, na tentativa de traçar um quadro geral dessas idéias. A respeito de algumas das respostas dos alunos, ele disse:

“O que vocês falaram não está totalmente errado... durante milhares de anos os filósofos gregos acharam que era isso... que era exatamente o vácuo [...]”

Houve neste momento uma tentativa da inclusão da História da Ciência, porém percebeu-se que Mário simplesmente a utilizou na forma da exposição de um fato, não buscando levantar as questões e impasses históricos que poderiam gerar discussões entre os alunos.

Os papéis de cada um durante o desenvolver da aula não ficaram bem definidos. Eles se alternavam na condução das atividades, ora trabalhando aspectos históricos, ora com os instrumentos do cotidiano. Percebeu-se que havia coerência entre o proposto no Plano de Aula e o ocorrido até aquele momento.

A questão inicial da lata de extrato de tomate fica ‘reservada’ e eles partem para as discussões sobre os instrumentos do cotidiano. Na ausência deles, Kátia solicitou aos

alunos que fossem elencando aqueles que poderiam estar relacionados com a pressão atmosférica, sendo que neste momento ela acabou citando o termo.

O papel de Mário na ocasião se resumiu ao de ir anotando na lousa em uma lista, os nomes dos instrumentos que os estudantes iam apontando. Em seguida, para cada item anotado, Kátia questionava qual era a relação possível entre o aparelho e a pressão atmosférica. Este foi um dos momentos da aula de maior interação e participação dos alunos, seja expondo suas idéias ou discutindo entre eles próprios.

Ao terminarem de discutir todos os itens, Mário iniciou uma exposição sobre os fatos históricos que desencadearam no conceito atual de pressão atmosférica:

*“Bom, a gente tem que voltar lá na Antigüidade [...] vários e vários filósofos passados pensaram o vácuo e não conseguiram responder... só pensavam e pensavam e não saía nada... então chegou Aristóteles, que viveu há muito tempo atrás, há aproximadamente quatrocentos anos antes de Cristo... e acharam que isto se devia a uma coisa chamada ‘horror ao vácuo’: [anotou na lousa] ... pra alguma coisa sair, outra coisa tem que entrar [...].”*

Mário seguiu uma linha expositiva ao trabalhar os episódios históricos. Ele chegou a perguntar aos alunos o que é o vácuo, mas sem oferecer oportunidades dos alunos exporem suas idéias, já em seguida escreveu uma definição do termo na lousa. Kátia tentava em alguns momentos auxiliá-lo reforçando expositivamente a idéia aristotélica de ‘horror ao vácuo’.

Apesar de Mário apresentar um dos melhores níveis de conhecimento do conteúdo específico, demonstrado através dos questionários, ele, na tentativa de exemplificar o conceito de vácuo, indicou que o espaço celeste é vazio e que na Terra existe um oceano de

ar ao redor. Ele fez um desenho na lousa, representando o planeta cercado numa redoma de ar, com uma linha limite entre o vazio e a atmosfera. Esta idéia errônea está presente também em alguns livros-textos que tratam sobre o assunto.

Intercalada a suas anotações na lousa, seguiu expondo a história de modo linear:

*“[...] por volta de 1600, depois de muitos experimentos, muito blá-blá-blá aí, um cara chamado Torricelli [anotou o nome na lousa], não sei se vocês já ouviram falar, começou a pensar neste mar de ar [aponta para o desenho do planeta] e ele pensou o seguinte: se quando a gente mergulha numa piscina a gente sente o peso da água porque não, quando a gente está na atmosfera, a gente não sente o peso também? Ou seja, a pressão?”*

Ele relatou como se deu o experimento de Torricelli e apresentou as idéias prontas. Cabe ressaltar que nestes momentos, não houve participação dos alunos; sendo que estes se mantiveram ouvindo as explicações de Mário. Percebeu-se que sempre quando a aula passava a ser conduzida por Kátia, havia maior participação dos alunos, em contraposição a Mário. Ela ao auxiliá-lo, oferecia mais oportunidade dos alunos exporem suas idéias; ele centrava-se mais na exposição do conteúdo, oferecendo poucas oportunidades aos estudantes. Nos poucos momentos em que ele lançava alguma pergunta, ele mesmo a respondia em seguida, como apontado anteriormente. Isso ocorre, segundo BEJARANO (2001, p.188) porque “o professor novato por não se controlar, acaba por querer dar as respostas, ao invés de funcionar como um incentivador no debate de idéias, na perspectiva de ensino construtivista.”

Percebeu-se também que, apesar de Mário ter um bom conhecimento do conteúdo específico, isso parece não ter favorecido para que os alunos pudessem ter uma melhor compreensão do mesmo. MEDEIROS e BEZERRA FILHO (2000) apontam que os professores com melhor conhecimento do conteúdo específico oferecem mais oportunidades aos estudantes de exporem suas idéias, de criarem estratégias em que toda a sala se envolva etc, como também apontam FREITAS (2000), que indica que a falta de conhecimento pode impedir o professor de propor abertura de diálogo com os alunos. Porém, apesar de Mário apresentar um bom conhecimento do conteúdo que ensinava, a maior parte do tempo os alunos não tiveram oportunidades de participar. GROSSMAN et. al. (1989) apontam que a dependência da aprendizagem do aluno com o conhecimento do professor, vem sendo rejeitada gradativamente.

Segundo Sockett, citado por GERALDI et. al. (1998), muitos pesquisadores se equivocam ao associarem unicamente a falta de um conhecimento do assunto a ser ensinado, a uma didática com pouca participação dos alunos; isso, porque, os investigadores não consideram o contexto em que o docente está inserido, focalizando somente o relacionamento entre o conhecimento da matéria e os métodos utilizados.

A aula de do grupo G3 também propiciou que os alunos tivessem contato entre eles, uma vez que após a explanação de Mário, Kátia solicitou que os estudantes, em grupos, após todas as discussões que tiveram, refletissem novamente sobre instrumentos que citaram ao início da aula. Eles tiveram aproximadamente trinta minutos para estas discussões com seus pares e, ao final da aula, Kátia e Mário retomaram cada item apontado, analisando como os alunos relacionavam a pressão atmosférica ao funcionamento do aparelho.

Como último ponto da aula, Kátia retomou a questão da lata de extrato de tomate para avaliar como os alunos entenderiam a situação.

### **c) Análise da aula do grupo G3 pelos pares**

Após os outros licenciandos assistirem à gravação da aula do grupo G3, foi o momento para críticas, sugestões etc. Eduardo, o primeiro a opinar, apontou como um aspecto positivo da aula, o levantamento que Kátia e Mário fizeram dos elementos do cotidiano dos alunos e também o experimento da lata de extrato de tomate como questão motivadora.

Um outro ponto que foi discutido pelos licenciandos foram os instrumentos que os alunos citaram e as oportunidades diversas de explorarem questões sobre eles. Um dos estudantes de Ensino Médio, durante o levantamento inicial, citou a porta da geladeira como um elemento relacionado a pressão. Sandro apontou para o fato de o aluno ter relacionado a alguns tipos específicos de geladeiras que só se abrem após períodos específicos de tempo, de modo a economizar energia elétrica.

Discutiu-se, entre os licenciandos, sobre a que tipo de geladeira o aluno poderia ter se referido. Sandro relatou que o grupo G3 deveria ter aproveitado mais questões relativas ao funcionamento deste eletrodoméstico:

Professor: *“Bom, mas você quis dizer que poderia ser explicado este outro aspecto né?”*

Sandro: *“Sim... explicando este outro aspecto... é uma coisa interessante porque envolve bastante pressão né? ... porque quando você abre a geladeira, o ar que está lá gelado, ele tá mais denso e ele sai e entra ar quente que está menos denso e quando você fecha a porta e começa a baixar a temperatura, quer dizer, o volume que está dentro começa a diminuir né, então é a tendência ao vácuo dentro da geladeira, aí você não consegue abrir”.*

Um melhor conhecimento do conteúdo, como aponta HASHWEH (1997), influencia nas oportunidades de explorar situações frutíferas com os alunos, como se percebeu nesta fala de Sandro que, conforme apontam dados do questionário, apresentou um bom conhecimento do conteúdo específico. Isso, porém, não se pode considerar como uma única condição, uma vez que Mário, que também apresentava um bom conhecimento do conteúdo, trabalhou o assunto expositivamente, como pouca participação dos estudantes.

Apesar de o grupo ter trabalhado de maneira expositiva a História da Ciência a maior parte do tempo, Eduardo indicou que este foi um ponto positivo da aula do grupo G3. A respeito deste aspecto, Sandro reconheceu que a história foi apresentada de maneira expositiva, e sugere:

*“Nesse ponto o que eu notei foi que mesmo sendo expositiva, deve procurar colocar as dificuldades da época, este tipo de coisa [...]”*

Mário e Kátia afirmaram que outros fatos e nomes que estavam envolvidos na consolidação do conceito, não foram citados, pois se tratavam de muitos. Amanda, a respeito deste aspecto, disse:

*“Porque é assim professor: não colocar, eu não acho legal; é muita gente, os livros não trazem estas pessoas e tudo mais, e dá a impressão que elas são menos importantes, e eu não acredito que elas sejam menos importantes”.*

Alguns pontos relativos ao conteúdo específico também foram discutidos entre os licenciandos, durante o processo de reflexão sobre a aula:

Amanda: *“Eu acho que vocês deveriam ter falado sobre o vácuo naquela época... é a ausência de matéria, né?”*

Kátia: *“Nós falamos pra eles [alunos] o que é vácuo agora, o que se entende por vácuo”.*

Amanda: *“Mas o vácuo não é a ausência de matéria? De hoje [concepção atual] é a ausência de ar”.*

Antônio: *“O que se utiliza hoje é a ausência de qualquer substância conhecida, isso que é válido hoje na comunidade científica”.*

Sandro: *“Outro dia a gente ainda estava comentando: como a pessoa vai verificar a existência do vácuo se o vácuo é a ausência de nada, né?”*

Sobre o princípio das embalagens fechadas a vácuo, que o grupo G3 utilizou em sua aula, Sandro comentou:

*“É que o termo ‘fechado a vácuo’ é errado. É que quantidade de ar lá dentro é menor do que de fora”.*

Mário: *“Eles deveriam colocar: embalagem fechada pela pressão atmosférica”*

[risos]

Eduardo: *“E se você levar esta lata na lua ou no espaço onde existe o vácuo, ou numa câmara de vácuo?”*

Sandro: *“Aí ela ia abrir sozinha!”*

Eduardo: *“Seria uma maneira boa de explicar para o aluno”.*

Percebeu-se, portanto, que as discussões em conjunto se mostraram como um momento importante também para reflexões a respeito de conteúdos que ainda geravam dúvidas nos licenciandos. Estas discussões trouxeram à tona dificuldades, e através da troca de idéias com os pares, estas possivelmente puderam ser melhoradas.

Sandro também comentou sobre a seqüência didática que o grupo G3 adotou em sua aula:

*“A seqüência das atividades, né? Vocês começaram com a latinha, sobre o experimento que foi feito em sala de aula e depois o cotidiano... ah, eu não sei! Não poderia ser o contrário? Tipo, o pessoal discutir o cotidiano e depois passariam para o experimento propriamente dito?”*



As discussões posteriores também contribuíram, portanto, para eles pensarem sobre a metodologia que os grupos utilizaram, o que é pensar sobre como os conteúdos específicos foram transformados em conteúdos pedagógicos.

Sandro, bastante detalhista em sua análise, comentou sobre a disposição dos dados da aula do grupo G3. Ficou confuso, segundo ele, uma vez que os dados foram anotados de maneira dispersa.

Amanda apontou como um aspecto positivo da aula a divisão em grupos dos alunos: *“Geralmente as aulas que eu vejo é difícil o professor dividir em grupos...”*

Posteriormente na aplicação do Plano de Aula de seu grupo, Amanda também optará pela divisão em grupo.

A respeito do Plano de Aula elaborado pelo grupo G3, percebeu-se que eles seguiram muitos dos pontos citados, tais como, a questão inicial para motivação, os conteúdos trabalhados e a maneira que avaliaram. Percebe-se na redação do Plano, alguns pontos que os licenciandos trabalharam com visões construtivistas de ensino, tal como um dos objetivos, que é *trabalhar condições para que o aluno evolua para concepções mais próximas das consideradas ‘cientificamente corretas’*; porém, no mesmo roteiro, intercalam-se posturas tradicionais, em que os conceitos podem simplesmente ser apresentados, conforme o grupo G3 descreve: *Sabendo agora as concepções prévias dos alunos, daremos início a apresentação dos conceitos, esclarecendo dúvidas ou erros conceituais [...]*.

#### **4.3.4 Grupo G1 (Antônio, Sandro, Eduardo)**

Em seguida, são apresentados o Plano de Aula (a), uma narrativa sobre o desenvolvimento da aula deste grupo (b) e, por fim, uma descrição sobre os aspectos discutidos durante o momento de reflexão em conjunto com a turma de licenciandos sobre a aula ocorrida.

A aplicação desta aula se deu em uma escola pública do município de Bauru, em uma sala de segundo ano do Ensino Médio, período noturno, constando, na ocasião em que se deu o desenvolvimento da aula, com aproximadamente 15 alunos. Cabe ressaltar que, a sala em que a aula fora desenvolvida, não era a mesma em que os licenciandos deste grupo havia, no início do semestre, coletado as concepções prévias dos alunos, e que, portanto, já tinham um contato prévio com os estudantes.

#### ***a) Plano de aula***

*Tema: Pressão Atmosférica.*

*Justificativa:*

- *Alunos apresentam concepções espontâneas;*
- *Conceitos básicos para o entendimento de conteúdo de física, tais como: Termodinâmica;*
- *Presença do conceito em situações do cotidiano;*
- *Necessidade de conhecer a história do conceito.*

*Objetivos:*

- *Levantar as possíveis concepções espontâneas dos alunos sobre o tema;*
- *Criar condições para que o aluno evolua para concepções mais próximas das consideradas “cientificamente corretas”;*

- *Promover relações entre o conceito Físico e o cotidiano do aluno;*
- *Desmistificar a figura do cientista como o “dono da verdade”;*
- *Desenvolver atitudes de socialização entre os pares, respeito, ética, etc.*

*Motivação:*

- *A motivação será trabalhada a partir da realização de experimentos simples que envolva pressão.*

*Conteúdo:*

- *História da Ciência sobre o desenvolvimento do assunto “Pressão”;*
- *Experimentação.*

*Metodologia de Ensino:*

- *Exposição da História da Ciência;*
- *Questionamento sobre as situações do cotidiano (dia-a-dia);*
- *Questionamento sobre o desenvolvimento histórico do assunto “Pressão”.*

*Materiais (Recursos):*

- *Pipeta;*
- *Recipiente (bacia);*
- *Água;*
- *Placas de vidro.*

*Desenvolvimento em Sala de Aula:*

1. *Dividiremos o total de alunos em grupos de 3 ou 4 (pessoas), e instruiremos para que descrevam as situações observadas, provindas dos experimentos;*
2. *Construção na forma de questionamento da pressão atmosférica;*
  - 2.1. *Questionamento sobre a localização do Planeta Terra no Sistema solar;*
  - 2.2. *Questionamento sobre o que envolve o Planeta Terra conseqüentemente tudo que está na superfície da Terra;*

- 2.3. *Questionamento sobre o que acontece quando vamos para o alto de uma montanha;*
- 2.4. *Questionamento sobre o peso do ar;*
- 2.5. *Questionamento sobre a força que o ar exerce.*
3. *Exposição dos fatos Históricos da evolução do conceito de pressão;*
4. *Tentativa de se chegar a uma conclusão comum sobre as situações do cotidiano colocadas anteriormente e dos experimentos realizados para o levantamento das concepções espontâneas.*

*Avaliação:*

- *Será feita uma avaliação sobre um dos experimentos feitos em sala de aula;*
- *O aluno deverá fazer uma breve descrição e explicação do experimento.*

*Bibliografia:*

- BASTOS, F. História da Ciência e Ensino de Biologia. A pesquisa médica sobre a febre amarela. (1881-1903) – Tese de Doutorado – FEUSP – 1998. 104p.*
- LONGHINI, M.D. Origens e Evolução do Conceito de Pressão Atmosférica. Parte Integrante da Dissertação de Mestrado – UNESP: Bauru – 2000. 25p.*
- CASTRO, R.S., CARVALHO, A.M.P. História da Ciência: Investigando como usá-la num curso de segundo grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.0, no. 3: p.225-237, dez.1992.*
- ZEICHNER, K.M. A formação reflexiva de professores: idéias e práticas, Educa Professores, Educa, Lisboa, 1993.*

**b) O desenvolvimento da aula**

Como na aula de G3, os alunos também foram divididos em grupos. Os licenciandos levaram para a sala de aula alguns aparatos de laboratório, como uma pipeta. Com estes materiais, realizaram alguns experimentos e coletaram as idéias dos estudantes:

Sandro: *“Com este experimento [realiza o experimento da bureta], eu queria que vocês descrevessem o que acontece [...] vocês no grupo entrem em consenso entre vocês e escrevam o que vocês acham”*.

De maneira geral, a realização dos experimentos iniciais despertaram o interesse dos alunos, havendo participação dos mesmos na exposição de suas idéias. Os licenciandos também levaram para a sala de aula, duas placas de vidro, e realizam o experimento da junção dessas, molhando-as anteriormente. Esta atividade, especificamente, despertou interesse entre os grupos de alunos, sendo que alguns deles, por não acreditarem que as placas não se separavam, quiseram tentar desatá-las.

Os licenciandos, inicialmente, não apresentaram uma resposta pronta aos alunos; buscavam que eles estruturassem suas idéias, fazendo questionamentos, conforme previa o Plano de Aula. Durante estas atividades iniciais, alguns alunos, ao exporem suas idéias, explicavam os experimentos através do conceito de gravidade e outros, pressão. Apesar dos licenciandos iniciarem trabalhando as idéias dos alunos, surge um momento em que este tipo de aula parece não se sustentar, e os futuros docentes partiram para uma seqüência expositiva, onde o conceito é apresentado:

Sandro: *“Bom pessoal, estes três experimentos tem em comum algo... que é a pressão atmosférica... é devido à pressão da atmosfera... e todo mundo hoje sabe que a Terra é redonda, tem a Terra, o sistema solar [faz gestos em círculo com as*

mãos]... *Em volta da Terra a gente tem, fora os planetas, aqui na Terra mesmo, no chão, o que a gente tem? Tem ar não é?"*

Segundo CARVALHO (1992), quando o licenciando depara-se com situações nas quais não sabe como trabalhar acaba reproduzindo práticas ‘aprendidas’ na condição de alunos com seus ex-professores, mesmo que, quando alunos rejeitassem muitas delas. Segundo GUARNIERI (2000, p.11), “ao se deparar com a situação real em que se dá a prática pedagógica, o professor iniciante pode abandonar ou mesmo rejeitar os conhecimentos teórico-acadêmicos que recebeu em sua formação [...] porque não consegue aplicá-los em sua prática, adotando uma atitude mais pragmática”.

A aula, portanto, a partir daquele momento, começou a caminhar para um estilo tradicional, expositivo.

Sandro: *“E quando vocês estão indo para uma praia por exemplo, tem um negócio esquisito no ouvido né? É preciso mascar chiclete ou coisa assim.”*

Neste momento Antônio anotou o termo “pressão” na lousa. Sandro falou sobre a profundidade de uma piscina, a baixa pressão nos aviões e tentou explicar o que é ar rarefeito.

A dinâmica entre os licenciandos funcionou como no grupo G3. Havia momentos em que eles revezavam entre si a condução das atividades planejadas. Antônio, ao auxiliar Sandro seguiu expondo linearmente o conteúdo, explicando sobre a constituição do ar e outros elementos que pudessem auxiliar na compreensão pelos alunos do conceito de pressão atmosférica. Antônio utilizou em suas falas algumas controvérsias históricas sobre

o desenvolvimento do conceito, porém, com fatos expostos de maneira linear, não oferecendo oportunidades dos alunos discutirem.

Os alunos, a partir desde momento, não participaram da aula. Os licenciandos seguiam com citações de datas, personagens, frases; todos devidamente anotados por Antônio na lousa enquanto expunha o conteúdo. As anotações, assim como na aplicação do grupo G3, ficaram dispersas, misturando-se na lousa com algumas idéias prévias dos alunos anteriormente registradas. Cabe ressaltar que Sandro havia criticado o grupo G3 pela disposição da lousa, que, em sua opinião, havia ficado confusa.

Antônio e Sandro revezavam-se na exposição dos conteúdos. Quando Antônio terminou sua fala, Sandro prosseguiu:

Sandro: *“Bom, então na seqüência da história ...”* [ e segue explicando]

Segundo MIZUKAMI (1983), citado por SILVA (2000), os professores, muitas vezes, reconhecem os problemas das aulas do tipo tradicional e chegam a preferir alternativas diferenciadas, porém, na prática, o que aparece, é o estilo tradicional.

O que se percebeu, é que eles estavam apresentando a história através de uma seqüência, onde cada um exporia uma parte. A exposição de fatos também foi outro ponto que Sandro apontou na aula do grupo G3, sugerindo a importância em se colocar as dificuldades da época. Porém, ele próprio seguiu narrando os fatos:

*“Só depois de dois mil anos que veio o conceito de pressão atmosférica, que foi com Isaac Beeckman. Depois de muito tempo gente!”*

Dentro da abordagem que eles utilizaram, a história deixou de ser uma ferramenta de ensino para tornar-se ilustração de fatos e personagens. O experimento realizado por Gasparo Berti defronte sua casa, com um tubo longo, foi desenhado na lousa por Sandro. Apesar deste experimento envolver várias situações experimentais, poucas foram as oportunidades exploradas por ele. Algumas poucas questões foram levantadas entre os alunos, sendo que na maior parte do tempo, apenas os detalhes da montagem foram relatados.

Sandro também desenhou na lousa o experimento de Torricelli e a situação foi, mais uma vez, relatada aos alunos. Algumas poucas questões foram levantadas e, na maior parte das vezes, respondidas pelos próprios licenciandos.

O relato do experimento de Pascal coube a Antônio que, enquanto explicava a situação aos alunos, anotava na lousa os nomes dos cientistas que realizaram o experimento no monte Puy-de-Dôme. Sandro, de modo a auxiliar Antônio, desenhou na lousa uma montanha, três tubos com mercúrio, cada um a uma altura diferente. Este momento poderia tratar-se de uma ocasião frutífera para o levantamento de questões, porém, poucas oportunidades foram exploradas.

Sandro: *“Ele [Pascal] obteve esse resultado aqui ó! [aponta para o desenho na lousa] Então ele fez diversas vezes, quatro ou cinco vezes, com dois tubos iguais para ver se tinha o mesmo resultado. Então foi sugerido para eles trazerem em outro lugar; por isso eles fizeram no alto da montanha...”*



Sandro explicou aos alunos a variação da altura na coluna de mercúrio em relação à da montanha. Após relatar sobre essas diferenças, ele então, após seu período de explanação, levantou uma questão entre os alunos,:

*“[...] ele fez aqui em cima [aponta para o desenho], teve uma diferença grande do primeiro resultado [ao pé da montanha], aí depois ele fez aqui no meio e ele teve um resultado diferente. Quer dizer... deve ter alguma coisa aí né? Que aconteceu isso... Alguém se disponibiliza a arriscar o que aconteceu aqui?”*

Alguns alunos manifestaram-se, sendo que algumas pequenas discussões se desencadearam, porém, na maior parte das vezes, os licenciandos não reaproveitavam as respostas dos alunos na busca da construção do conceito e sim, logo procuravam apresentar uma resposta final. Deste modo, foram dadas poucas oportunidades para que os alunos pudessem se manifestar.

Eduardo auxiliou pouco na aula, sendo que, sua participação se restringiu à apresentação de uma das questões iniciais (garrafa invertida na bacia).

Ao final da aula, Sandro, que apresentava um bom embasamento em questões sobre Filosofia da Ciência, tentou transmitir aos alunos uma idéia desmistificada de ciência quando afirmou:

*“Só pra finalizar, o que a gente falou aqui é um pouquinho do que aconteceu na época né? Se bem que os caras não são deuses ou iluminados... e na época eles faziam muitas brigas para ver quem estava certo ou não [...]”*

Cabe ressaltar, segundo MEDEIROS E BEZERRA FILHO (2000), que o fato do professor ter um certo embasamento filosófico, não é condição suficiente para que em sala de aula venha a desenvolver uma atitude compatível com suas idéias.

### **c) Análise da aula do grupo G1 pelos pares**

As discussões, após os licenciandos assistirem ao vídeo, iniciaram-se por Amanda. Ela inicialmente sugeriu algumas modificações nos aparatos utilizados pelo grupo G1. Propôs que o grupo poderia ter utilizado uma seringa, ao invés de bureta, pois a água cai muito rapidamente utilizando-se desta. Amanda também criticou o material utilizado por eles:

*“Eu achei que o material que vocês utilizaram foi muito sofisticado... sei lá!... uma travessa muito chique!”*

Outros licenciandos acharam que este fator não influenciou em nada, mas Amanda sugeriu que deveriam ser usados mais instrumentos do cotidiano. O grupo justificou que a utilização desse material deu-se porque a escola dispunha deles em seu laboratório.

Um ponto que merece destaque durante o momento de reflexão foi aquele que despertou dúvidas e anseios dos outros licenciandos. A observação das aulas dos colegas fez com que alguns deles pensassem sobre as suas, como indicou Amanda através de sua fala:

*“Aqui é uma pergunta minha: pode levar folhinha né? Eles levaram e eu quero levar também... tenho medo de me perder.”*

BELL (1998, p. 689) aponta que “o professor que está experimentado mudanças, experimentam ambos, sentimentos positivos e negativos, têm sensações de desconcertos, frustrações, incertezas e inseguranças [...]”.

Sandro justificou que se utilizou de um roteiro para poder trabalhar a História da Ciência, uma vez que segundo ele, são muitos dados e, deste modo, torna-se difícil recordar-se de todos eles. Isso aponta para a idéia de que toda a história, na concepção do grupo, deveria ser apresentada aos alunos e, preferencialmente, numa seqüência de fatos cronológicos. O grupo apontou a “exposição da História da Ciência” no Plano de Aula como a metodologia utilizada.

Outro momento durante as discussões também propiciou para que Amanda apontasse anseios e dúvidas sobre sua futura aplicação do plano de aula:

*“Assim professor... uma questão da minha aula e da Tereza. A gente não poderia estar trabalhando primeiramente sem colocar o conceito de pressão?”*

Através de sua fala, Amanda apontou para um aspecto que considerou negativo na aula do grupo G1, ou seja, o fato de logo inicialmente o grupo ter apresentado o conceito aos alunos. O que Amanda buscava, segundo seus relatos, é que os alunos pudessem chegar ao conceito por eles próprios.

Outros licenciandos questionaram qual foi o papel de Eduardo na aula, uma vez que ele participou pouco. Sandro disse que ele participaria ao final da aula, mas como os alunos começaram a se dispersar, acabou impossibilitando sua atuação. Segundo Sandro, já durante os minutos finais da aplicação, a aula “*acabou ficando meio chata e dando sono*”, e isso, segundo ele, fez com que os alunos perdessem o interesse.

Em relação a uma auto-análise feita por Sandro durante as discussões, ele relatou:

*“Nossa, eu pensei que fosse pior! É a primeira vez que dou aula de Física...”*

Este pode ser um aspecto positivo do processo de reflexão, uma vez que Sandro reconheceu deficiências em sua própria maneira de conduzir as atividades, chegando algumas vezes, como ele mesmo apontou, ao tédio. De certa forma, o professor passa a ser um pesquisador, tendo como objeto de estudo, sua própria prática.

Amanda e Mário também apontaram que a aula foi muito expositiva e que deveriam ter conversado mais com os alunos, apesar de Mário também ter oferecido poucas oportunidades de diálogo em sua aplicação. Sandro justificou que só foram levantadas questões nos pontos chaves do conceito de pressão, mas reconheceu que mais perguntas deveriam ter sido feitas.

Sandro era um dos licenciandos que apresentavam melhor nível de conhecimento dos conteúdos trabalhados, porém, como apontam GARNETT e TOBIM (1988), isso, apesar de ser considerado como condição primordial à docência, não é garantia de um ensino eficaz.

Ele afirma que sua aula foi quase que totalmente baseada na História da Ciência, uma vez que este aspecto foi bastante discutido durante o curso:

*“A gente fez quase tudo em cima da História da Ciência, né... eu estou justificando que a gente usou muito a História da Ciência, porque em todo este tempo em que se fez prática se ressaltou a importância da História da Ciência.”*

Mário: *“E vocês colocaram muito bem!”*

Mesmo a história tendo sido utilizada na maior parte do tempo de maneira expositiva e tradicional, os licenciandos acreditaram que fez um bom uso dela. Este é um aspecto que deve ser pensado na formação inicial de professores, uma vez que segundo relatos obtidos, pouco contato eles tiveram com o desenvolvimento histórico de conceitos físicos durante a formação inicial. Quando se estabeleceu este contato, como o que ocorreu com o tema pressão atmosférica, percebeu-se que os licenciandos muniram-se de datas e fatos, e até ampliaram seus conhecimentos sobre o conceito em questão, porém, não encontraram com facilidade uma maneira de trabalhá-lo, senão aquela que mais aprenderam durante suas vidas escolares: a exposição.

Mário indicou como um ponto positivo da aula do grupo G1, o tempo inicial que eles deram aos alunos para discutirem entre si as atividades que foram propostas. Afirma, porém, que isto deveria ter ocorrido mais durante a aula. Isto, porém, parece ser contraditório com sua postura, uma vez que quando ele assumia a aula, foram oferecidas poucas oportunidades de participação. Para GUARNIERI (2000), o fato de o professor ter passado sua vida inserido em contextos de educação tradicional, não o isenta de perceber os pontos negativos que esta postura carrega. Porém, o que ocorre, é que nem sempre esse professor sabe como enfrentar os problemas de acordo com sua concepção teórica e acaba, portanto, adotando formas de agir usualmente empregadas pelos demais docentes.

Em relação às dificuldades encontradas pelo próprio grupo em trabalhar a História da Ciência, Sandro relatou:

*“Professor, essa questão de ser pouco expositiva [a aula] é o seguinte: a gente bolou o esquema dessa aula... onde procurou embasar a história. Só que os textos que trazem... dos textos da bibliografia que nós usamos até agora, eles não*

*abordam dicas ou coisas assim... que fala como você deve tratar a História da Ciência de uma maneira construtivista. Entendeu? Então a gente procurou, no momento que dava para fazer uma questão, a gente fez...”*

Em relação ao desenvolvimento da aula, Sandro comentou:

*“Eu achei que a aula foi chata, estava dando sono... devia ser mais legal... e teve um aluno que falou que estava dando sono. Agora assistindo a fita eu achei que estava dando sono mesmo... por isso eu acho que deveria ter alguma coisa pra chamar a atenção dos alunos”.*

A fala de Sandro parece indicar que a utilização do vídeo proporciona o reconhecimento dos aspectos positivos de uma aula, assim como aqueles que devem ser melhorados. VILLANI e PACCA (1997) apontam que o uso de vídeo para registros de simulações didáticas mostra-se como uma ferramenta útil para o questionamento do comportamento dos professores em sala de aula.

Em relação ao Plano de Aula elaborado por este grupo, cabe ressaltar que nem todos os aspectos por eles indicados foram seguidos, como por exemplo, a avaliação final, que não ocorreu. Como no Plano apresentado pelo grupo G3, surgiram pontos que indicam posições mais próximas à construtivista, como por exemplo, o objetivo de *“criar condições para que os alunos evoluam [...]”*, a formação de grupos de alunos e os vários questionamentos sobre diversas situações físicas o que, porém, nem sempre ocorreu. A História da Ciência sempre foi apontada, tanto nas intenções do Plano, quanto em situações

de sala de aula, como uma atividade expositiva, embora os licenciandos indicassem que elas buscavam “*desmistificar a figura do cientista como dono da verdade*”.

#### **4.3.5 Grupo G2 (Amanda, Tereza)**

Em seguida, são apresentados o Plano de Aula (a), uma narrativa sobre o desenvolvimento da aula deste grupo (b) e, por fim, uma descrição sobre os aspectos discutidos durante o momento de reflexão em conjunto com a turma de licenciandos sobre a aula ocorrida.

A aplicação desta aula se deu em uma escola pública do município de Bauru, em uma sala, que devido a problemas ocorrido no dia do desenvolvimento da aula, foi composta por aproximadamente 26 alunos entre doze e vinte anos de idade e por três professores da escola, que se acomodaram entre os estudantes.

##### ***a) Plano de aula***

*Plano de Aula: Pressão atmosférica*

*Duração 02 horas*

##### *Justificativa*

Apresentar aos alunos o conceito de pressão atmosférica, tendo em vista que os alunos apresentam concepções espontâneas e que elas devem ser consideradas. O conceito de pressão atmosférica é importante para o entendimento de outros conteúdos da Física, como por exemplo, pressão da água, etc. A presença do conceito em situações diárias e a necessidade de conhecer historicamente a evolução do conteúdo de pressão.

### *Objetivo*

- Levantar as possíveis concepções espontâneas dos alunos sobre o tema.
- *Criar condições para que o aluno evolua para concepções mais próximas das consideradas “Cientificamente correta”.*
- *Fazer com que a aula possa trazer a Física mais próxima do cotidiano do aluno.*

### *Desenvolvimento da Aula*

1. Mostrar o experimento da lata fechada a vácuo e perguntar o que os alunos pensam a respeito.
2. *Apresentar as idéias de Aristóteles sobre horror ao vácuo e mostrar como elas se apresentaram através da história.*
3. *Apresentar o experimento de Torricelli e Pascal.*
4. *Fazer um paralelo das idéias de Pascal e Torricelli e comparar com os experimentos já apresentados em aula anterior.*
5. *Aplicar uma pequena avaliação em forma de texto sobre “O que os alunos entenderam por pressão atmosférica”, isso depois da aula apresentada.*

*Observação: Alguns experimentos que envolvam pressão deverão ser apresentados em uma aula anterior e posteriormente discutidos com os alunos, com o intuito de estarmos verificando suas concepções espontâneas sobre os experimentos e o conceito de pressão.*

### **b) O desenvolvimento da aula**

A sala em que o grupo G2 teve de aplicar as atividades foi composta por uma união de diversas classes, conforme apontado anteriormente; portanto, com alunos de faixas etárias variadas.



Ao iniciar a aula, Amanda se desculpou a respeito do problema da junção das salas e por estarem vindo aplicar as atividades muito ao final do período letivo.

Ela optou por novamente iniciar a aula fazendo um levantamento das idéias prévias dos alunos:

*“A gente vai estar conversando com vocês sobre determinados experimentos... tá bom? É importante que vocês falem o que pensam, o que estão achando [...] que vocês viessem aqui, pegassem os experimentos, vissem como é, tornando esta aula interessante e o menos maçante possível, tá?”*

Para iniciar a aula, o grupo aplicou, como questão motivante, a atividade do desentupidor, dispondo de um que elas haviam levado para a sala. Durante a coleta das idéias dos alunos, um deles respondeu que é a ‘pressão’ a responsável pelo fato do desentupidor ficar preso à mesa. Amanda, que havia se preocupado durante as reflexões em não apresentar inicialmente uma resposta pronta, buscava lançar mais questões:

*“Uma pessoa falou pressão... e os outros? O que acham que é?”*

Enquanto os alunos opinavam, Tereza anotava na lousa as respostas dos estudantes. Amanda tentou, na atividade de coleta de dados, trabalhar uma situação que buscasse desmistificar a figura dos cientistas como donos absolutos das ‘verdades científicas’:

*“Ó, vamos fazer o seguinte. Vocês são cientistas agora e cientistas não aceitam as coisas prontas... eles questionam!, eles falam, não concordam com as respostas dos outros muitas vezes... eu gostaria que vocês tivessem questionando!”*

O grupo também aplicou a atividade da garrafa invertida num recipiente com água. Assim como no experimento do desentupidor, elas levaram o material para a sala de aula. Amanda sugeriu que a turma fosse dividida em grupos com cinco alunos cada, para que as diferentes respostas pudessem ser discutidas entre eles. A formação de grupos também foi um ponto que Amanda avaliou positivamente na aula do grupo G3, e como na aplicação do grupo G1, também utilizou na sua.

Alguns alunos não queriam trabalhar em grupos, procurando se isolarem. Neste momento, alguns professores presentes na sala, também se reuniram com os alunos formando grupos.

*Amanda: “Então agora que vocês estão em grupo... vocês vão estar pensando em mais experimentos que envolvam estes conceitos que vocês falaram aqui [aponta para as palavras-chaves na lousa]. Vocês têm cinco minutos para fazer isto!”*

Os alunos, em grupo, discutiram sobre os dois experimentos propostos inicialmente. Elas propuseram em seguida, a atividade da balança no vácuo, e que cada grupo (de cientistas, segundo elas) discutisse para que, posteriormente, pudesse estar apresentando suas idéias para o restante da sala. Esta atividade foi representada na lousa através de um esquema, e a questão sobre a indicação da balança, lançada aos alunos.

Após os grupos terminarem as discussões, Amanda questionou:

*“Então quais são os outros experimentos do dia-a-dia que vocês acham que envolvem todos aqueles conceitos que estão na lousa?”*

Os alunos citaram vários termos, e Amanda seguia anotando-os na lousa. Após coletar as respostas dos alunos, ela voltou para a questão da balança. Elas coletaram também as respostas dos alunos sobre esse experimento e anotaram-nas na lousa. Tornou-se difícil compreender qual caminho ou seqüência tinha a aula do grupo G2, pois, mudava-se a todo momento o foco de atenção: ora nas idéias dos alunos, ora nos experimentos propostos.

Cabe ressaltar que em nenhum momento, Amanda ou Tereza haviam citado o termo ‘pressão’. Os alunos, durante o transcorrer da aula, tiveram ampla liberdade para exporem suas idéias. Porém, do mesmo modo como ocorreu na aplicação do grupo G1, surgiu um momento em que o conceito foi apresentado aos alunos e a aula iniciou uma ‘fase expositiva’:

*“Primeiramente... vocês já acertaram em cheio sobre o que nós queríamos comentar, que é o que? É a pressão! Quando nós propomos os experimentos, mesmo que vocês chegassem a esse tipo de conceito, que é a pressão, e antes de vocês chegarem a essa conclusão, tiveram muitas outras discussões...”*

Amanda também comentou com os alunos que, quando as mesmas atividades foram propostas para outras turmas, essas também apresentaram idéias como as que surgiram naquele momento entre eles; e seguia falando:

*“[...] e essas idéias são discutidas desde seiscentos anos antes de Cristo [...] Então nós vamos estar estudando um pouquinho de como foram estas idéias durante toda a nossa história! E porque é importante a gente estudar? Pra gente ver que o conceito de pressão né, ele não veio assim de nada, em algum momento ele criou alguma confusão e alguém decidiu estar escrevendo sobre ele [...]”.*

Este foi o momento em que a História da Ciência foi introduzida na aula. Amanda, enquanto expunha os fatos históricos, ia construindo na lousa, através de um grande traço, uma linha do tempo, contendo nomes e datas. A utilização da História, como nos outros grupos, tratou-se do relato de fatos.

Aristóteles foi o primeiro nome que Amanda colocou na linha do tempo:

*“Então, nós tínhamos assim... Aristóteles, que pensava no conceito de vazio. E o que é o vazio? É o vácuo! Alguém citou vácuo na hora que a gente estava conversando aqui [...]*

*Caminhando mais um pouquinho, nós temos outro cientista que é Empóclede... tá, e ele ia à oposição às idéias de Aristóteles e ele defende a idéia de vazio.”*

Os dados foram sendo colocados na linha, e os fatos relatados. Amanda utilizou-se de uma ‘folhinha’ para seguir seu esquema, conforme havia apontado no momento de reflexão sobre a aula do grupo G1. Nesse momento, ao contrário do início da aula, os alunos não mais participavam e sim, assumiram posturas passíveis.

Tereza, que até então tinha se limitado a anotar as idéias dos alunos na lousa, tentava auxiliar Amanda:

Tereza: *“Aristóteles, ele falava que quando você tinha ar, e você tira o ar [...] tem que entrar alguma coisa, ele não acreditava que existia o vácuo, entendeu? Já Empédocles defendia a existência do vácuo: se você tira o ar, fica um vazio lá...”*

E Amanda continuava:

*“E aí o que acontece?... bom, continuando nossa linha cronológica... outros cientistas...”* [e continuou preenchendo]

Amanda também tentou, durante a aula, trabalhar aspectos de Filosofia da Ciência com os alunos, porém, sempre assumindo uma postura expositiva:

*“Olha... é importante antes da gente continuar, é importante vocês saberem sobre isso: os cientistas, eles discutiam, eles não aceitavam as idéias dos outros...”*

O preenchimento da linha não foi totalmente linear. Pelo número elevado de personagens históricas, da Antigüidade, Amanda saltou para o século dezessete:

*“E aqui no século dezessete, nós começamos a ter cientista que pensa sobre pressão atmosférica e o peso do ar... e eu trouxe um trequinho do que este cientista falou.”*

Amanda leu, portanto, um fragmento extraído do texto sobre o desenvolvimento histórico que os licenciandos utilizaram para elaboração dos Planos de Aula. Após a leitura, ela prosseguiu:

*“E vocês vêem nesta linha do tempo que têm muitos saltos, muito espaço entre um e outro ... é que as idéias levam muito tempo.... tá, principalmente assim na Física!”*

O experimento de Torricelli foi relatado por Tereza, que se limitou a contar aos alunos como se deu sua realização. Na tentativa de auxiliar Tereza em sua explicação, Amanda comentou:

*“Se vocês quiserem estar vendo isso.... eu vou estar passando para cada aluno [bacia com água]... tomem cuidado com a água... para vocês estarem vendo como foi o experimento de Torricelli”.*

Os alunos, porém, deixaram o vasilhame sobre uma carteira, sem utilizá-lo. Tereza, após relatar as idéias de Torricelli, também o fez com as de Pascal. A sala estava agitada e o ruído intenso; portanto, Amanda, na tentativa de fazer com que os alunos entendessem o conceito através da repetição desse, exclamou:

*“Psiu!... ó! Ela [Tereza] vai falar mais uma vez sobre o experimento de Pascal!”*

É importante notar que, como nos outros grupos, algumas questões são levantadas pelos licenciandos e respondidas por eles próprios:

Amanda: *“Então... por que a coluna de água da bacia fica dessa forma? [experimento da bacia] É porque a pressão interna nesse caso .. vai se igualar com a pressão externa quando a água parar de escoar [...] e com o desentupidor é a mesma coisa: quando pressionamos, diminuimos a pressão interna deles, por isso ele fica grudado”.*

Após terem relatado todo o desenvolvimento histórico e ‘explicado’ sobre o conceito de pressão atmosférica, elas retomaram aos itens anotados na lousa. Amanda os lia e explicava como a pressão atuava para cada caso proposto. Desta forma, a maneira em que a aula foi trabalhada ao final, tornou-se bastante distinta de seu início, na qual os alunos tiveram mais oportunidades de participação.

Para a atividade da balança, proposta pelas licenciandas, Amanda fez alguns questionamentos a respeito das respostas apresentadas pelos alunos, porém apresentou a eles, em seguida, a ‘resposta correta’, ou seja, a de que nada ocorreria com a indicação da balança.

Como avaliação final, Amanda pediu aos alunos que elaborassem um pequeno texto. Os alunos reclamaram, porém ela insistiu, pedindo para que os mesmos escrevessem, pelo menos, algumas poucas linhas.

Amanda: *“Escrever o que vocês acharam...o que é o conceito de pressão pra vocês...”*

Os alunos não entregaram o solicitado e aos poucos, foram se dispersando e saindo da sala. As licenciandas, então, encerram a aula.

### c) Análise da aula do grupo G2 pelos pares

Ao iniciarem as discussões, primeiramente Amanda justificou que houve muitos fatores que dificultaram a aula, tais como o fato da sala não ser a mesma, constituída por alunos que não se conheciam, e até mesmo devido ao fato de os professores que se infiltraram em meio aos alunos respondendo por eles algumas questões. Em relação à organização da sala, Amanda disse:

*“Ela [a diretora (?)] enfiou um monte de alunos de turmas diferentes na mesma sala de aula... então ficou complicado porque tinha gente ali que falou ... tinha um aluno que falou que ali ele não tinha amigos e só inimigos... eles não estavam num ambiente legal, eles estavam ali obrigados [...]”*

WALLACE e LOUDEN (1992) apontam que muitos professores, quando defrontados com suas próprias dificuldades, tendem a apontar fatores externos como os responsáveis pelo problema. Em uma pesquisa realizada por SILVA *et. al.* (1998) com professores de séries iniciais constatou-se que os docentes desconsideravam fatores de natureza escolar e pedagógica, atribuindo quase exclusivamente às características dos alunos e de suas famílias as responsabilidades pelo fracasso escolar. Eles geralmente apontam fatores como, freqüentes mudanças de moradias, falta de apoio dos pais, problemas de saúde, desajustes emocionais etc.



Não queremos com isso responsabilizar os possíveis fracassos às licenciandas, uma vez que o ambiente onde se deu a aplicação realmente ofereceu alguns problemas e sim, alertarmos que nem sempre os limitadores são externos ao professor.

O docente, durante o momento de reflexão, questionou sobre a opinião do próprio grupo a respeito da aula, e Amanda falou:

*“A aula... [pausa] eu particularmente não domino o tema pressão... pra mim foi muito difícil. Além do tempo... estar lidando com este tipo de situação: pensei que fosse chegar lá e a gente fosse encontrar a mesma turma [...]”*

A sala com muitos alunos também foi um fator que atrapalhou a aula, segundo elas. Em relação aos professores presentes na sala, Amanda comentou:

*“Aí entrou a professora e acabou falando para falar [sic] e aí elas inibiram os alunos e os alunos nem colocaram as concepções espontâneas deles... a aula foi prejudicada”.*

Quando as discussões se estenderam aos outros licenciandos, estes iniciaram suas observações. Sandro, o primeiro a falar, apontou como um problema da aula do grupo G2, o recipiente usado por elas para o experimento da garrafa com água. Ele sugeriu que o mesmo era muito pequeno para o propósito do experimento.

Percebeu-se muitas vezes que talvez devido ao fato do modelo tradicional de aula estar arraigado entre os licenciandos, esses não percebiam fatores mais cruciais no desenvolvimento de uma aula e se atinham a detalhes nem sempre significativos, como o

apontando por Sandro. Outro ponto que este licenciando indicou, foi a acentuação da palavra “lâmpada”, escrita na lousa por Amanda, a qual estava sem o acento circunflexo. Sandro também ressaltou o erro de datas que ela cometeu ao citar Aristóteles, uma vez que ele data de quatrocentos anos antes de Cristo, e não seiscentos como ela citou.

Amanda justificou a crítica de Sandro a respeito da garrafa, alegando que utilizou-se de materiais simples para que os alunos pudessem estar manipulando-os.

Como aspecto positivo da aula do grupo G2, Sandro falou sobre a avaliação final:

*“A intenção da avaliação foi bacana, pena que não deu...”*

Ele também apontou um problema vivido por seu grupo:

*“[...] aquele mesmo lance que aconteceu com a gente. Você [Amanda] falou muito e o aluno falou pouco na hora da História da Ciência. É difícil estar achando um jeito de colocar o aluno trabalhando junto com a História...”*

Mário, como aspecto positivo, apontou a linha do tempo colocado pelo grupo G2:

*“A explicação da evolução dos cientistas estava boa, mas a evolução do conceito estava complexa, eu achei... meio difícil... uma hora você falou altura H... meio estranho [...]”*

A presença dos professores foi um ponto que Mário também acreditou ter dificultado o desenvolvimento da aula. Sandro, que foi o responsável pela gravação, estava presente na ocasião e também concordou com a posição de Mário.

Em um momento da aula, em que o professor estendeu a discussão sobre a aplicação da aula de todos os outros grupos, questionando quais aspectos eles modificariam em suas aulas caso tivessem que reaplicá-las, Antônio apontou que reformularia alguns pontos da História da Ciência que ficaram falhos em sua aplicação, uma vez que muitos cientistas ficaram sem ser citados. Sandro, na ocasião, apontou que:

*“Se eu fosse fazer essa aula de novo [a sua própria], teria que fazer essa aula mais dinâmica com os alunos... esse ponto foi fraco”.*

Nesse aspecto, a reflexão sobre a aula funcionou positivamente, pois Sandro parece ter reconhecido possíveis problemas, como a participação dos alunos. Ele também apontou que todos os grupos precisariam tornar a aula mais interessante na parte histórica. Esse ponto, para ele, foi deficiente na aplicação de todos os licenciandos.

O professor, continuando a discussão estendida a todos os grupos, também questionou sobre a natureza das aulas:

Professor: *“Vocês acharam que as aulas de vocês estão mais para aulas tradicionais ou mais para construtivistas?”*

Sandro: *“[...] eu acho que assim... ela não está totalmente expositiva ... mas ela está meio distante de atingir...”* [não termina a frase, deixando a idéia no ar]

Professor: *“E o que falta pra atingir?”*

Sandro: *“Sei lá! Prática mesmo...”*

A abordagem histórica utilizada pelo grupo G2, assim como a dos outros grupos, foi a exposição de fatos. No Plano de Aula fica evidente esta postura, quando apontam que durante o desenvolvimento da aula iriam “*apresentar as idéias de Aristóteles [...] e mostrar como elas se apresentaram através da história.*” Porém, como objetivo, buscam “*criar condições para que os alunos evoluam para concepções mais próximas das consideradas cientificamente corretas*”, o que soa como um chavão, uma vez que durante a aula, a prática foi quase sempre pautada na transmissão dos conteúdos.

Porém, alguns pontos indicados no Plano foram alcançados pelos licenciandos, como a consideração e reconhecimento das idéias prévias dos alunos e a busca por aproximar a Física do cotidiano dos estudantes.

Interessante observar que esta aula foi a última e que, portanto, teoricamente deveria ter menos ‘erros’ que as outras, ou seja, esperava-se que os questionamentos realizados nas discussões anteriores, os ‘acertos’, ‘erros’ etc, fossem levados em consideração por esta dupla.

#### **4.3.6 Dados finais de Sandro**

**a) PARTE III do questionário final** – Após o término do curso, solicitou-se aos licenciandos uma descrição detalhada de uma seqüência de procedimentos que eles utilizariam para o planejamento e execução de uma aula sobre o tema ‘pressão atmosférica’ a alunos de Ensino Médio. Sandro escreveu:

*“Com as concepções prévias dos alunos podemos seguir a história da ciência para construir a idéia sobre o conceito de pressão atmosférica, partindo de uma situação experimental do dia-a-dia como principal fonte de motivações.*

*Esquema:*

*1) Situações experimentais*

*2) Questão motivadora*

*3) Desenvolvimento da história da ciência junto com os alunos em forma de questionário*

*4) Construção geral dos fatos*

*5) Avaliação sobre a situação experimental”.*

#### **b) Síntese da entrevista final**

Sandro, ao ser entrevistado ao final do curso, disse que, na ocasião, não pretendia trabalhar como docente, pois gostaria de fazer uma pós-graduação para futuramente lecionar no Ensino Superior.

Relatou também que, no decorrer das disciplinas pedagógicas que cursou, modificou algumas de suas idéias sobre ensino. Apontou que enxerga outra maneira de ensinar pois, anteriormente, pensava que só existia uma maneira de dar aulas, uma única metodologia, segundo ele. A opinião de Sandro indica que quando as idéias sobre a atividade docente não passam por um processo de reflexão, segundo LUCKESI (1994), os professores acabam assumindo posições ingênuas sobre ela, adquiridas por introjeções durante seu período como alunos.

Quando questionado sobre sua idéia do que é ensinar, Sandro afirmou que é o mesmo que conduzir o aluno a adquirir o conhecimento aceito pela comunidade científica.

Na elaboração do texto final, ele apontou a frase “*construir a idéia sobre o conceito*”, diferente de uma postura tradicional de ensino.

Um dos pontos mais importantes que ele atribuiu à disciplina de Prática de Ensino foram as discussões que os grupos tiveram posteriormente à aplicação das aulas. Ele afirmou que essas discussões serviram também para sua vida pessoal e não somente para aspectos profissionais.

Uma das dificuldades que Sandro disse que enfrentaria, caso tivesse que trabalhar como docente, seria manter sua idéia perfeccionista de ensino, de querer tudo o mais perfeito possível, além de buscar trabalhar um grande leque de conteúdos, o que se torna difícil com o pequeno número de aulas de Física semanais. Outro aspecto, e que disse ser ainda mais preocupante, é o seu relacionamento pessoal com os alunos, a dificuldade de estar lidando com essas questões no cotidiano.

A respeito de sua formação no curso de Física, afirmou que se sente seguro em relação aos conteúdos específicos abordados. Sobre a organização de uma nova aula, Sandro apontou que ela necessitaria envolver aspectos nos quais os alunos pudessem participar mais. Trabalharia também fatos históricos para motivar os alunos, e talvez com alguns experimentos em sala de aula para levantamento de situações do cotidiano dos estudantes, interação em grupos, elaboração de redações sobre o tema e também a formalização matemática sobre o assunto, segundo ele. Afirmou também, em sua redação final, que trabalharia a História da Ciência através de “questionamentos”, possivelmente devido ao grande número de críticas que este aspecto de sua aula e dos outros grupos tiveram.

Sandro também apontou que, através da elaboração da aula sobre pressão, sentiu-se capaz de fazer o mesmo com outros temas, porém não soube se na prática teria um

resultado eficiente quanto o projeto elaborado no papel, segundo ele. Afirmou também que teria dificuldades em encontrar materiais para elaborar as aulas.

A experimentação e a História da Ciência foram dois pontos que Sandro considerou positivos em sua aula, e que manteria em outras futuras, apesar de ter indicado que trabalharia os aspectos históricos através de questionamentos. Ele disse que caso fosse possível dispor de aulas com maior tempo de duração do que aquela que teve durante sua aplicação, uma maneira produtiva de se trabalhar a História da Ciência, poderia ser utilizando, também, textos ou resumos.

Sandro relatou que as discussões posteriores foram benéficas para ele, porém, isso não ocorreu para todos, segundo ele, pois nem sempre houve uma evolução de uma aula para outra. Ele indicou que a visualização de sua aula, o auxiliou no reconhecimento de aspectos que deveriam ser incluídos, excluídos, melhorados etc.

Sobre sua carreira como professor, afirmou que buscará refletir sobre sua prática, e isso não só devido ao curso, mas também porque é um hábito seu refletir sempre sobre o que faz.

#### **4.3.7 Dados finais de Amanda**

**a) PARTE III do questionário final** – Após o término do curso, solicitou-se aos licenciandos uma descrição detalhada de uma seqüência de procedimentos que eles utilizariam para o planejamento e execução de uma aula sobre o tema ‘pressão atmosférica’ a alunos de Ensino Médio. Amanda escreveu:

*“Em primeiro lugar apresentaria uma série de experimentos aos alunos de forma a conhecer os conhecimentos prévios do aluno e a percepção que eles tem sobre o conceito de pressão; isso poderia ser feito em uma primeira aula através de um questionário sobre os experimentos.*

*Posteriormente em uma segunda aula, dividiria os alunos em grupos. O grupo poderia ser composto de alunos que apresentassem idéias parecidas (aquelas já levantadas nos questionários da aula anterior sobre o experimento)*

*Em um segundo momento perguntar aos alunos outros fenômenos da vida diária que eles presenciarem. Com tudo isso, partindo das idéias prévias do aluno, começaria a falar da evolução do conceito, fazendo uma pequena introdução histórica. Esta introdução histórica pode ser feita através de uma linha do tempo que abrange as principais idéias que foram evoluídas até o conceito de pressão de forma dialogada.*

A partir do conhecimento do aluno tentar explicitar de forma a levar os alunos a questionarem suas idéias sobre pressão. Depois que eles estiverem mais familiarizados com o conceito explicitar para o aluno com uma pequena aula expositiva o conceito “cientificamente correto”, co-relacionando com os fenômenos diários apresentados por eles.

*Tudo isto pode ser feito de forma dialogada. Finalizando traria pequenos exemplos diários que envolvessem medidas quantitativas para a introdução da parte matemática, como por exemplo:*

*“Se a pressão ao nível do mar é de 1 atm qual será a sua variação com  $x$  de altitude”.*

Depois no final da aula pediria para os alunos escreverem um pequeno texto sobre pressão atmosférica”.

## **b) Síntese da entrevista final**

Amanda, quando questionada sobre sua futura carreira no magistério, relatou que gostaria de trabalhar com ensino, mas como estava engajada em atividades de Iniciação



Científica na área de Física do Estado Sólido, tinha planos de trabalhar no Ensino Superior ou em pesquisa.

A respeito de suas idéias prévias sobre o que é ensinar, ela apontou tê-las modificado no decorrer do curso. Segundo sua concepção antiga, a Física deveria ser ensinada somente através de cálculos, fórmulas etc, não enxergando, segundo ela, outra maneira de ser professor destes conteúdos senão aquela em que sempre é necessário trabalhar com aspectos matemáticos, idéia esta provavelmente construída durante sua vida escolar (LUCKESI, 1994; ADAMS e KROCKOVER, 1997; ALMEIDA , 2000; NÓVOA, 1998).

Durante a entrevista, Amanda afirmou que seu estilo de ensinar foi fortemente influenciado por seus professores, uma vez que desde os três anos de idade, período em que ingressou na escola, vem assistindo a aulas tradicionais. Ela apontou que para atingir uma mudança de postura é preciso muito tempo, tratando-se, portanto, de um processo lento. Isso confirma o que indicam ADAMS e KROCKOVER (1997).

Para Amanda, a Prática de Ensino contribuiu para o reconhecimento de que os alunos possuem idéias prévias, e que as aulas devem partir delas. Ela afirmou que se sente segura para planejar outras aulas, sobre outros assuntos, a partir da experiência que teve com o conceito de pressão.

Quando questionada sobre as possíveis dificuldades que teria ao começar a lecionar, apontou para a mudança de seu estilo de aula tradicional para uma maneira construtivista de ensino. Afirmou que não considera sua aula totalmente tradicional, mas que não chega, também, a ser uma aula construtivista. ADAMS e KROCKOVER (1997) afirmam que, mesmo quando os professores utilizam-se de atividades construtivistas em seus cursos,

muitas idéias ingênuas sobre o processo de ensino, ou mesmo regressões a atividades tradicionais retornam a sua prática.

A História da Ciência também foi indicada como uma dificuldade, uma vez que ela afirmou que não teve contato durante o período na Universidade com o desenvolvimento histórico de outros conceitos, e que, deste modo, também encontraria dificuldades em conseguir este tipo de material.

Quando perguntada como organizaria uma aula depois de ter passado por todo este processo, em primeiro lugar, ela apontou que procuraria estudar o máximo que pudesse do assunto a ser ensinado; posteriormente estaria trabalhando experimentos com os alunos, discutindo com eles; também faria uma introdução da História da Ciência durante a aula. Este raciocínio, segundo SCHÖN (1983) *apud* PÉREZ GOMEZ (1992, p. 98) está baseado na idéia que “não se pode aprender competências e capacidades de aplicação, enquanto não se tiver aprendido o conhecimento”, também baseada no modelo da racionalidade técnica. Como avaliação, sugeriu uma conversa posterior às atividades, de modo a analisar quais foram as mudanças que ocorreram nas idéias dos alunos: “*O que vocês achavam antes, o que vocês acham agora?*”

Em relação à formalização matemática dos conceitos, Amanda afirmou que poderia vir depois dos outros aspectos terem sido abordados, sempre procurando relacioná-los com exemplos do cotidiano do aluno.

Aspectos de sua aula que manteria, foram a utilização da História da Ciência e os experimentos simples realizados. Na redação final, ela novamente indicou que faria uma linha do tempo e “*começaria a falar da evolução do conceito*”, porém, ressalta em alguns momentos, uma “*forma dialogada*” de trabalhar o tema.

A relação com os alunos é considerada um ponto que deve ser mudado, pois segundo ela, deveria haver uma maior interação do professor com eles, até mesmo no plano pessoal, fazendo da aula também um momento de descontração, e não somente de aplicações mecânicas de experimentos.

A respeito da Prática de Ensino, Amanda indicou como positivas as reflexões sobre as aulas das outras turmas, de modo a evitar erros que já foram cometidos; caso contrário, esses poderiam passar despercebidos, segundo ela. Percebeu-se, portanto, que embasada nas reflexões que os outros grupos tiveram, Amanda procurou manter a lousa mais organizada e elaborar uma linha do tempo, de modo a organizar os fatos históricos.

Um outro aspecto positivo da atividade de reflexão foi o fato de professores se reunirem para falar sobre problemas de ensino, pois, segundo experiências por ela relatadas, quando docentes se reúnem, falam somente sobre problemas com os alunos. Ela indicou que é importante que professores de várias disciplinas procurem estar trabalhando conjuntamente.

Como sugestão para o curso, apontou que as atividades de Prática de Ensino deveriam ser trabalhadas sempre com uma mesma turma, de modo a se criar um vínculo com os alunos.

Em relação a sua formação, durante o curso de Física, Amanda afirmou que se sente insegura em muitos conteúdos, que faltaram muitos aspectos tais como História e Filosofia da Ciência ou mesmo assuntos básicos. Segundo DELIZOICOV e ANGOTTI (1992), é fato que muitos alunos, ao terminarem a graduação, apresentam muitas vezes um conhecimento desorganizado, superficial, chegando à inexistência.

Percebeu-se, em seu texto final, alguns aspectos que Amanda não havia apontado em seu Plano de Aula, organizado anteriormente à aplicação e reflexão sobre as aulas.

Ainda está presente a idéia sobre “*pequenas aulas expositivas*” , porém, ela ressalta que “*tudo isto deve ser feito de uma forma dialogada*”. Não temos elementos para afirmarmos como seriam estes ‘diálogos’, mas acreditamos que, devido aos aspectos abordados durante as reflexões, os alunos seriam mais beneficiados nesta tentativa “*dialogada*” de trabalhar.

#### **4.3.8 Dados finais de Mário**

**a) PARTE III do questionário final** – Após o término do curso, solicitou-se aos licenciandos uma descrição detalhada de uma seqüência de procedimentos que eles utilizariam para o planejamento e execução de uma aula sobre o tema ‘pressão atmosférica’ a alunos de Ensino Médio. Mário escreveu:

*“Traria primeiramente um despertar de interesse, por exemplo, experimentos ou materiais do dia-a-dia que estariam relacionados ao tema.*

*Montaria grupos e proporia questões para serem conversadas e discutidas entre os membros dos mesmos.*

*Exporia para a classe toda, qual a idéia de cada grupo sobre cada atividade. E isto serviria para o professor captar as concepções espontâneas dos alunos.*

Em seguida faria a exposição da história da ciência e a explicação acerca de pressão atmosférica, com base nessas concepções.

Por fim, faria uma pequena avaliação para verificar a mudança conceitual”.

#### **b) Síntese da entrevista final**

Quando Mário foi questionado sobre suas perspectivas em trabalhar no magistério, afirmou que gosta de ensinar, mas que, segundo ele, é diferente dar aulas para turmas

numerosas. Apontou também que enfrentaria dificuldades em lidar com muitos alunos e, segundo ele, só iria dar aulas caso precisasse, mas que, na ocasião da entrevista, não tinha intenção. Cabe ressaltar que Mário, assim como Kátia, estava lecionando em uma escola da região durante aquele ano. Segundo sua concepção, ele até poderá ensinar se “*pegar uma sala que goste de aprender*”.

WALLACE e LOUDEN (1992) apontam que os professores geralmente atribuem os fracassos a fatores externos e não à sua própria prática. No caso de Mário, percebeu-se que a aprendizagem é um fator que depende exclusivamente dos alunos, cabendo a eles querer aprender ou não.

Quando questionado sobre o que é ensinar, Mário afirmou que é “*passar seus conhecimentos para outra pessoa [...] transmitir para outra pessoa o que você pensa como certo*”. Para ele, o ensino é uma transmissão de uma cabeça para outra. Quanto ao aluno, este aprende “*tendo vontade de aprender*”, utilizando-se de outras fontes como livros, vídeos, experiências, revistas etc, e não somente através do professor; bastando que ele queira aprender. Mário foi o mais resistente a algum tipo de mudança dentre os três licenciandos analisados. Em sua redação final, continua indicando que “*faria a exposição da História da Ciência e a explanação acerca da pressão atmosférica*”, porém, ressalta a existência e importância das idéias prévias dos alunos.

A respeito do curso de Física, para ele, há uma carência de conteúdos conceituais, uma vez que se trabalha em demasia com contas, equações etc. Segundo Mário, para lecionar aulas tradicionais, o curso propiciou um bom embasamento. Em relação à Prática de Ensino, afirmou que a disciplina ofereceu uma outra visão de ensino, diferente da tradicional. Porém, verificamos que o fato de o curso ter oferecido esta nova visão de ensino, não é condição para que ele assuma totalmente como sua maneira de trabalhar.

Mário afirmou que a aula sobre pressão atmosférica ofereceu subsídios para a elaboração de outras, sobre outros temas, mas quando questionado sobre como ele elaboraria uma nova aula sobre qualquer outro conceito, ele não soube explicar.

Ele ressaltou como pontos positivos da aplicação das atividades na escola, os experimentos do cotidiano trabalhados com os alunos. Para Mário, um dos aspectos fundamentais que uma aula deve contemplar, é a sua ligação com o cotidiano, na qual o aluno precisa ver quando aquilo aparece em seu dia-a-dia. As “*explicações da História da Ciência desde os tempos remotos*”, também foram avaliadas positivamente, uma vez que ela pode oferecer uma visão de ciência em evolução, segundo ele. Uma das atribuições que Mário deu à História da Ciência é a de desmistificar a figura do cientista.

Mário apontou que a formação de grupos de alunos foi importante, pois criou uma interação entre eles; e também a interação professor/aluno além das discussões entre esses, em que ele ressaltou que existem “*professores simpáticos*” que sabem tirar dos alunos o que eles querem, não se tratando de seu caso, segundo ele. PERRENOUD (1993) afirma que uma parte dos professores não acredita que precisam de uma formação no saber-fazer pedagógico, pois este, trata-se de uma questão de dom ou de experiência, como indicou Mário.

Como uma sugestão final para futuras turmas de Prática de Ensino, Mário sugeriu que ao formarem os grupo de licenciandos, cada um pudesse trabalhar temas diferenciados de Física, de modo a se ter exemplos de aulas sobre assuntos variados.

*“A análise conduz à síntese,  
e a síntese completa a análise”.*

*John Dewey,  
filósofo norte-americano*

## **Capítulo V**

---

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## **5.1 Considerações a respeito dos licenciandos**

Após a análise dos dados, algumas considerações podem ser traçadas a respeito das questões levantadas nesta pesquisa. Como indicado em capítulos anteriores, alguns autores da área apontam que muitos professores, mesmo ao terminarem seus cursos de formação, apresentam deficiências em relação ao conteúdo específico da disciplina que irão ensinar, o que também pôde ser observado com a maior parte dos licenciandos participantes desta pesquisa.

Deste modo, esta foi uma das questões abordadas, ou seja, com base nos vários tipos de conhecimentos que SHULMAN (1986) aponta como necessários aos professores, questionamos se a elaboração de aulas para alunos de Ensino Médio pelos licenciandos contribuiu para ampliar os seus ‘conhecimentos do conteúdo específico’. Caso haja esta ampliação, indagamos ainda: como isso se dá no processo de elaboração das aulas?

Para respondermos a esta questão, utilizamos os dados dos questionários iniciais e finais apresentados aos licenciandos a respeito do conteúdo específico, assim como as gravações e anotações realizadas pelo autor durante o processo de elaboração das aulas.

Os dados obtidos do questionário aplicado ao início do semestre, conforme já apontado anteriormente, mostram que a maior parte dos futuros professores analisados, apesar de cursarem o último ano de licenciatura e, portanto, prestes a estarem ‘aptos’ a exercerem a profissão, possuía um conhecimento do conteúdo específico próximo ao de alunos de nível médio, ou seja, apresentava na maior parte das vezes, concepções ingênuas sobre o conteúdo trabalhado.

Em análise ao questionário, aplicado ao final do semestre, após a elaboração, aplicação e reflexão das aulas de todos os grupos, verificamos que os licenciandos



apresentaram uma melhora significativa em relação ao conhecimento do conteúdo específico trabalhado durante o semestre, o que implica que o curso até certo ponto, contribuiu para os licenciandos ampliarem e aproximarem suas idéias às cientificamente aceitas.

Os dados de ambos os questionários também mostraram que os licenciandos apresentaram um bom conhecimento em relação a aspectos de Filosofia da Ciência, porém, nem sempre isto contribuiu para que eles trabalhassem segundo estas posturas em sala de aula.

Acreditamos que o estudo do desenvolvimento histórico do conceito tenha sido um fator que influenciou positivamente nesta ampliação do conhecimento, uma vez que os licenciandos puderam, durante o curso, estudar e discutir como se deu a construção do conceito, sua evolução etc. Deste modo, sugerimos para os cursos de formação que os conceitos físicos não sejam pautados somente em aspectos matemáticos, uma vez que os resultados apontam que estudar o processo pelo qual o conceito se estruturou é uma forma produtiva de trabalhar o conceito em si.

Outro fator que acreditamos ter contribuído para a ampliação deste tipo de conhecimento, foram as discussões entre os licenciandos sobre o tema específico trabalhado no processo de elaboração das aulas. Durante o processo de desenvolvimento das atividades, as dúvidas, dificuldades, visões ingênuas etc, vinham à tona através da troca de idéias com os pares e, possivelmente, elas foram se aproximando da visão científica atual. Por algumas vezes, estas discussões se estenderam até mesmo após a aplicação das aulas pelos licenciandos, pois muitos aspectos do tema ainda permaneciam presos a idéias alternativas.

Este processo vivido pelos futuros professores é o que aponta GROSSMAN *et al.* (1989) através de uma pesquisa realizada com docentes novatos. Os autores indicam que muitas de suas deficiências eram supridas no próprio processo de ensino, ou sejam, aprendiam enquanto preparavam as aulas. Os autores afirmam que muitas vezes os professores só irão reconhecer suas deficiências em relação ao conteúdo, quando se defrontarem com situações de sala de aula, como ocorreu com alguns licenciandos durante a aplicação das aulas, e que pôde ser evidenciando, posteriormente, no momento de reflexão com os pares.

Estes resultados mostram que o modelo oferecido pelos cursos de formação inicial, ou seja, as licenciaturas, nem sempre oferecem condições efetivas para uma boa formação docente, pois não articulam os conhecimentos científicos com aqueles que serão ensinados. Porém a falta de articulação é apenas uma faceta do problema, pois, para agravar ainda mais o quadro, os resultados apontam, como indicado anteriormente, que os licenciandos nem sequer saem dos cursos com uma formação sólida nos próprios conteúdos específicos que terão que ensinar.

Em relação ao conteúdo específico trabalhado durante o semestre em que se desenvolveu a pesquisa, não podemos afirmar categoricamente que o modelo de curso proposto tenha contribuído para que todos os licenciandos estudados nesta pesquisa tenham ampliado suas concepções para outras cientificamente aceitáveis e sim, que as melhoraram, se comparadas ao início do semestre em que se iniciou tal curso. GROSSMAN *et al.* (1989) ressaltam que o processo de desenvolvimento do conhecimento dos conteúdos específicos é vagaroso e não ocorre de maneira abrupta, como muitos pensam.

Um outro aspecto investigado nesta pesquisa é o que SHULMAN (1986) aponta como ‘conhecimento pedagógico do conteúdo’, ou seja, aquele que os professores utilizam

quando fazem a transposição de um conteúdo específico para o ensino. Essa foi, portanto, a questão principal pesquisada com os licenciandos no decorrer daquele semestre: *quais foram os elementos abordados no curso que os licenciandos utilizaram para transformar o conteúdo específico num conteúdo ‘ensinável’ a seus alunos? E como estes elementos foram utilizados?*

Por se tratar de uma questão que envolve diversas variáveis, analisamos mais profundamente, como apontado antes, três licenciandos da amostra.

Sandro, um dos analisados, indicou, no Plano de Aula de seu grupo, alguns elementos que levam a identificar quais foram os aspectos que ele, juntamente com seu grupo, acredita serem necessários à ‘tradução’ do conteúdo para a sala de aula. Dentre elas, destaca-se o reconhecimento das idéias prévias dos alunos, o trabalho com aspectos do cotidiano, a desmistificação da figura do cientista como ‘dono da verdade’, o trabalho em grupo com os alunos e a criação de condições para os aprendizes evoluírem em suas concepções. Sandro ressaltou intensivamente, no Plano de Aula, o questionamento das idéias dos alunos, seja através dos experimentos, seja através da História da Ciência.

Possivelmente, muitos destes aspectos apontados por ele, foram assumidos durante o curso, pois em sua entrevista final, Sandro disse que desconhecia outra metodologia de ensino, senão a expositiva.

Sandro buscou trabalhar alguns dos elementos propostos anteriormente, porém, o fez assumindo, na maior parte das vezes, um estilo de aula tradicional. A utilização da História da Ciência se deu na maior parte do tempo através de relatos de fatos, e da mesma forma, na tentativa de desmistificação da figura dos cientistas como ‘donos da verdade’.

Mesmo após Sandro ter refletido sobre os problemas da aula do grupo G3, inclusive sobre uma crítica a Mário, relativa à exposição dos conteúdos, assumiu a mesma postura

em sua aula, percebida por ele após assistir a sua gravação com os alunos. Notamos que a utilização da gravação em vídeo, em situações como estas, pode tratar-se de uma ferramenta eficaz no levantamento do comportamento espontâneo do docente, segundo VILLANI e PACCA (1997).

Somente após a análise de sua própria aula é que Sandro reconheceu que ela fôra expositiva e até certo ponto, “intendiante”, segundo ele. Afirmou que depois de realizada esta análise, fá-la-ia diferente:

*“Se eu fosse fazer essa aula de novo, teria que fazer essa aula diferente, dinâmica com os alunos [...] esse ponto foi fraco”.*

Verificamos, portanto, que no caso de Sandro, vários elementos trabalhados durante o semestre foram utilizados no Planejamento e execução de sua aula, porém, nem sempre ele assumiu posturas muito diferentes da tradicional ao pô-los em prática, tratando-se de aulas constituídas por mesclas de aspectos construtivistas, possivelmente trabalhados durante o semestre, com aspectos tradicionais, construídos durante sua vivência como aluno.

Amanda, na elaboração de seu Plano de Aula, apontou vários elementos que divergem de uma postura tradicional de ensino, como, por exemplo, levantar as concepções dos alunos, buscar uma evolução nas idéias dos estudantes e trazer a Física para o cotidiano deles. Alguns destes pontos foram utilizados na aplicação da aula, tais como a consideração de suas idéias prévias e a realização de experimentos do cotidiano, fator este, que Amanda ressaltou bastante durante as discussões e reflexões com os outros grupos.

Durante a reflexão sobre a aplicação do grupo G3, Amanda indicou como positivo o trabalho em grupo, atividade esta que também utilizou em sua aplicação.

Assim como ocorreu com Sandro, encontram-se muitos momentos em que a aula de Amanda deixa de estar centrada nos alunos, passando estes a assumirem postura de ouvintes. Isso ocorreu mesmo que durante os momentos de reflexão Amanda tenha afirmado que não colocaria diretamente o conceito aos alunos.

Ela reconhece, segundo relatos obtidos na entrevista, que sua aula não é totalmente construtivista, mas que também não é uma aula estritamente tradicional. A História da Ciência, que foi trabalhada durante o semestre, esteve presente em grande parte da aula, porém, como na aplicação da aula de Sandro, foi pautada na maior parte do tempo na transmissão de dados e fatos.

Assim como Sandro, Amanda buscou trabalhar aspectos que contribuíssem para uma aula construtivista, porém, com a presença de elementos de aulas tradicionais.

Mário, dentre os três licenciandos analisados, foi o que se manteve mais atrelado a idéias tradicionais de ensino. Apesar disto, alguns pontos indicados em seu Plano de Aula são mais condizentes com uma postura construtivista de ensino e foram trabalhados. Dentre eles, destaca-se a importância em se considerar as idéias prévias dos alunos, o trabalho em grupo e com situações do cotidiano.

A História da Ciência também foi ressaltada por Mário como um aspecto positivo que pode ser trabalhado, porém, ele a aplicou de maneira expositiva, oferecendo poucas oportunidades de discussões com os alunos. Mesmo após as reflexões com os pares, Mário continuou afirmando que sua utilização deve ser feita através da ‘exposição’ de fatos históricos.

Apesar da História da Ciência ter favorecido a algumas melhorias em relação ao conteúdo específico trabalhado, é preciso pensar numa maneira de trabalhá-la na formação inicial, de modo que não somente os licenciandos se apropriem de como se deu a evolução dos conceitos, mas que também consigam melhor utilizá-la em situações de sala de aula.

Mário apontou ainda, assim como os outros, que o curso ofereceu uma nova visão de ensino, e acredita que através da organização da aula sobre pressão, poderão elaborar outras, sobre temas variados. Isto também foi ressaltado pelos outros licenciandos, porém, comentaram a necessidade de um maior contato com estudos de tópicos sobre concepções prévias, História da Ciência, bem como a reflexão em relação a outros tópicos da Física.

Os licenciandos analisados, apesar de suas particularidades, guardam semelhanças entre si. Para todos eles, a transformação dos conteúdos específicos em pedagógicos se deu através de aulas que mesclaram aspectos construtivistas com tradicionais.

Muitas das idéias que eles trazem de seu período de formação são mantidas, principalmente no momento da prática em sala de aula e, mesmo que tivessem trabalhado outra postura durante o curso, nem sempre a prática é totalmente condizente com ela. Segundo BEJARANO (2001), os professores novatos tendem a proteger suas crenças prévias através do chamado 'efeito filtro'. Durante o período de formação do docente, muitas das contribuições dos cursos de licenciatura poderão ser vistas como superficiais, quando percebidas através destes 'filtros próprios'.

GATTI (1997) afirma que, na maior parte das vezes, os licenciandos são orientados mais pelas idéias que carregam sobre a atividade de ensino do que pelas teorias que estudam durante sua formação como professor. Para TANCREDI (1998), todas as propostas poderão se tornar ineficazes, se os professores não estiverem predispostos à

mudança, o que é conseguido através da oportunidade de o docente perceber a necessidade e a importância de mudar.

Segundo WALLACE e LOUDEN (1992), o conhecimento dos professores não se desenvolve por saltos ou 'insights', e sim através de experimentação com estratégias de sala de aula, reformulações de idéias antigas, tentativa de novas idéias e soluções de problemas.

ADAMS E KROCKOVER (1997) afirmaram que as idéias sobre ensino e aprendizagem estão fortemente arraigadas, o que pode levar anos para mudar. Deste modo, torna-se difícil afirmar que a formação inicial como o momento em que todas as dificuldades serão sanadas e todos os problemas resolvidos. Segundo PERRENOUD (1993), a formação inicial tem a capacidade de transformar, na totalidade, a profissão docente. Trata-se do início de uma formação que é contínua, considerada, portanto, como fermento para mudanças futuras; preparando para uma evolução desejada.

A formação do professor não é estática, ela é constantemente consolidada (ou enfraquecida) dependendo das respostas que os professores irão encontrar em seu dia-a-dia; daí se considerar a vivência após a formação inicial do docente.

Para GUARNIERI (2000, p.21) "trata-se ao mesmo tempo de não reduzir a formação do professor ao período de formação básica, o que seria atribuir a ela um poder e um papel que ultrapassam seus limites reais, [...] pois, uma parte da aprendizagem da profissão docente só ocorre e só inicia em exercício. Em outras palavras, o exercício da profissão é condição para consolidar o processo e tornar-se professor".

Além de todos estes aspectos ressaltados, é importante atentar para o fato de que a inovação é uma tarefa complexa para o professor novato, uma vez, além de todas as cobranças que lhe é colocada, ele ainda precisa se 'situar' na profissão, perder o medo dos alunos etc.

Os licenciandos afirmaram na entrevista final que, além do curso ter oferecido outra visão de ensino diferente da tradicional, através da experiência vivida com o tema pressão atmosférica, se sentem preparados para trabalhar com outros conceitos, considerando todos os elementos citados como importantes por eles, anteriormente, ou seja, a utilização da História da Ciência, as idéias prévias dos alunos, o tempo de interação entre grupos de alunos, dentre alguns outros.

Apesar dos futuros professores indicarem esses pontos como importantes de serem utilizados em suas aulas, não temos elementos que indiquem até que ponto estes aspectos repercutem na efetiva prática dos licenciandos já na condição de profissionais em início de carreira, uma vez que no contexto escolar, as variáveis envolvidas em todo processo de 'ser professor' pautam-se em parâmetros nem sempre condizentes com aqueles vivenciados na universidade.

Outro aspecto que merece maiores investigações é a 'formação reflexiva'. Apesar do curso ter sido norteado para o início de um engajamento dos licenciandos na pesquisa de sua própria prática, a presente pesquisa não pode afirmar que, ao se iniciarem efetivamente na docência, continuarão refletindo sobre ela.

## **5.2 Considerações a respeito da licenciatura**

Em relação aos cursos de formação inicial de professores de Física e, mais especificamente às disciplinas de Prática de Ensino, cabe ressaltar algumas considerações, críticas e sugestões decorrentes desta pesquisa:



- A integração entre os conhecimentos específicos e os pedagógicos, através do Planejamento e aplicação de aulas, mostrou-se como um caminho que pode auxiliar os professores em formação inicial a ampliarem e melhorarem seu nível de conhecimento específico, uma vez que grande parte dos licenciandos sai das universidades com deficiências nos próprios conteúdos que terá que ensinar, conforme apontam LUCKESI (1994); DELIZOICOV e ANGOTTI (1992);
- Os licenciandos necessitam, em sua formação inicial, de mais vivência na prática de Ensino. Esta vivência deve ocorrer paralelamente às disciplinas de conteúdo específico, num processo complementar. Um dos problemas, que se percebe, é que diversos cursos de licenciatura carregam características de bacharelados, o que acaba por induzir os licenciandos a optarem por atividades de pesquisa em áreas ‘mais nobres’ da Física, relegando a docência ao segundo plano;
- O processo de vivência de situações de sala de aula, como os próprios licenciandos apontaram, necessita ocorrer mais vezes durante a formação básica, além de se iniciarem desde o primeiro ano da licenciatura, e não somente nos últimos semestres, como é de praxe ocorrer;
- Um dos problemas que os licenciandos ressaltaram, e que necessita ser repensando nos cursos de formação inicial, é a excessiva ênfase que é dada a aspectos matemáticos em detrimento de uma abordagem mais

conceitual para os conteúdos estudados. Não queremos com isso, afirmar que estes não mereçam um tratamento matemático, porém, a excessiva ênfase deste aspecto pode delimitar a visão e o entendimento do conceito;

- A História da Ciência mostrou-se como uma ferramenta útil a ser trabalhada com os licenciandos, pois indicou que o fato deles buscarem nela elementos para serem utilizados em sala de aula com os alunos fez com que os futuros docentes se deparassem na História com elementos conceituais os quais precisava aprender para ensinar. Porém, há necessidade de se pensar numa maneira de trabalhar a História da Ciência nos cursos de licenciatura em que não seja somente abordada a evolução histórica de conceitos físicos como um fim em si, mas que propicie condições dos licenciandos transformarem estes tópicos específicos em conteúdos ensináveis;
- Os cursos de formação necessitam oferecer mais material que dê suporte aos futuros professores na elaboração de suas aulas, uma vez que esta foi uma queixa constante dos licenciandos, quando afirmam que, para elaborarem outras aulas, seguindo o mesmo estilo, trabalhando durante o semestre, necessitam de textos sobre o desenvolvimento histórico de conceitos físicos, o que nem sempre é de fácil acesso;
- O momento da formação inicial do licenciando é de fundamental importância, uma vez que neste período ele tem a oportunidade de estar

trocando sugestões/críticas/experiências com seus pares, uma vez que os resultados apontaram que este tipo de prática enriquece a formação dos licenciandos, não somente quando recebem críticas de seus colegas, mas também quando necessitam analisar e refletir sobre as aulas de seus pares.

**REFERÊNCIAS:**

ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Em busca de uma nova formação de professores. *Pesquisas em Ensino de Ciências e Matemática*. (Bauru-SP), p.60-72, 1996. 106p. (Ciência & Educação, 3)

ADAMS, Paul E.; KROCKOVER, Gerald H. Beginning Science Teacher Cognition and Its Origins in the Preservice Secondary Science Teacher Program. *Journal of Research in Science Teaching*. v.34, n.6, p.633-53, 1997.

AIKENHEAD, Glen S. High school graduates beliefs about science - technology – society. *Science Education*. v.71, n.4, p.459-87, 1987.

AIKENHEAD, Glen S., RYAN, Alan G. Students' preconceptions about epistemology of science. *Science Education*, v.76, n.6, p.559-80, 1992.

ALARCÃO, Isabel. Ser professor reflexivo. In: ALARCÃO, Isabel. (Org.) *Formação reflexiva de professores – estratégias de supervisão*. Lisboa, Portugal: Porto, 1996. p. 171-89.

ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro. Expectativas sobre o desempenho do professor de física e possíveis consequências em suas representações. *Ciência e Educação*, v.6, n.1, p.21-9, 2000.

AMARAL, Maria João; MOREIRA, Alfredo; RIBEIRO, Deolinda. O papel do supervisor no desenvolvimento do professor reflexivo – estratégias de supervisão. In: ALARCÃO, Isabel (Org.) *Formação reflexiva de professores – estratégias de supervisão*. Lisboa, Portugal: Porto, 1996. p. 90-119.

AMARAL, Ivan Amorosino. Bases, obstáculos e possibilidades para a construção de um novo paradigma da didática em ciências. *In: ENDIP, Maio/1998, Águas de Lindóia-SP. Anais do Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, 1998. p.67- 88.*

ANDRÉ, Marli Elisa Dalmago A. Perspectivas atuais da pesquisa sobre docência. *In: CATANI, Denice Bárbara (Org.) Docência, memória e gênero: estudos sobre formação. São Paulo: Escrituras, 1997. p.65-74.*

BARROS, Marcelo Alves; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. A História da Ciência iluminando o ensino de visão. *Ciência e Educação, v.5, n.1, p.83-94, 1998.*

BASSALO, José Maria Filardo. Nascimento da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física. v.18, n.2, 1996.*

BASTOS, Fernando. Construtivismo e ensino de ciências. *In: NARDI, Roberto (Org.) Questões atuais no ensino de ciências, São Paulo: Escrituras, 1998. p.9-25, 104p.*

————— O ensino de conteúdos de História e Filosofia da Ciência. *Ciência e Educação, v.5, n.1, p.55-72, 1998.*

————— História da Ciência e pesquisa em ensino de ciências: breves considerações. Construtivismo e Ensino de Ciências. *In: NARDI, Roberto (Org.) Questões atuais no ensino de ciências. São Paulo: Escrituras, 1998. p.43-52. 104p.*

BELL, Beverley. Teachers Development in Science Education, *International Handbook and Science Education, p. 681-93, 1998.*

BEJARANO, Nelson Rui Ribas. *Tornando-se professor de Física: conflitos e preocupações na formação inicial. São Paulo, 2001. 300p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.*

BERG, Kevin Charles. Students thinking in relation to pressure – volume changes of a fixed amount of air: the semi-quantitative context. *International Journal of Science Education*. v.14, n.3, p.295-303, 1992.

BERG, Kevin Charles. Student understanding of the volume, mass and pressure of air within a sealed syringe in different states of compression. *Journal of Research in Science Teaching*. v.32, n.8, p.871-84, 1995.

BLACK, Paul; WILIAM, Dylan. Inside the Black Box: Raising Standards Through Classroom Assessment. *Online article*. (<http://www.pdkinti.org/kappan/kbla9810.htm>.) em 18/05/1999.

BORGES, G. L. A. Produção de material didático como auxiliar na formação do professor. *In: IV ESCOLA DE VERÃO, 18 a 21 de outubro, Uberlândia-MG. Anais: UFU, 1999.* p.79-83.

BRANDÃO, Márcia Maria. Em busca da formação do outro: caminhos e alternativas. *In: BUENO, Belmira; CATANI, Denice Bárbara; SOUZA, Cynthia Pereira. (Orgs.) A vida e o ofício dos professores.* São Paulo: Escrituras, 2<sup>a</sup> ed., 2000. p.71-82.

BUENO, Belmira Oliveira. Pesquisa em colaboração na formação contínua de professores. *In: BUENO, Belmira; CATANI, Denice Bárbara; SOUZA, Cythia Pereira. (Orgs.) A vida e o ofício dos professores.* São Paulo: Escrituras, 2<sup>a</sup> ed., 2000. p.7-20.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. *A formação do Conceito de Quantidade de Movimento e sua Conservação.* São Paulo, 1986. 148p. (Tese de Livre Docência) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; LABURU, Carlos Eduardo; SILVA, Dirceu; MORTIMER, Eduardo Fleury; GONÇALVES, Maria Rezende; TEIXEIRA, Odete Pacubi Bairel; ITACARAMBI, Ruth Ribas; CASTRO, Ruth Schmitz. O Construtivismo e o

Ensino de Ciências. Ciências na Escola de 1º grau. *Textos de Apoio à Proposta Curricular*. Secretaria do Estado da Educação. São Paulo: Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, 1990. p.63-73.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Reformas nas licenciaturas: a necessidade de uma mudança de paradigma mais do que de mudança curricular. *Em Aberto*, ano 12, n.54, abr./jun. 1992.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; CASTRO, Ruth Schmitz. História da Ciência: Investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.9, n.3, p.225-37, dez/1992.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; GIL PÉREZ, Daniel. *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. 2.ed. São Paulo: Cortez, 1995.

CATANI, Denice Bárbara; BUENO, Belmira Oliveira; SOUZA, Cynthia Pereira; SOUZA, Maria Cecília C. C. História, Memória e autobiografia na pesquisa educacional e na formação. *In: CATANI, Denice Bárbara. (Org.) Docência, memória e gênero: estudos sobre formação*. São Paulo: Escrituras, 1997. p.15-48.

CATANI, Denice Bárbara. Práticas de formação e ofício docente. *In: BUENO, Belmira; CATANI, Denice Bárbara; SOUZA, Cynthia Pereira. (Orgs.) A vida e o ofício dos professores*. São Paulo: Escrituras, 1998. p.21-29.

CATANI, Denice Bárbara; BUENO, Belmira Oliveira; SOUZA, Cynthia Pereira. Os homens e o magistério: as vozes masculinas nas narrativas de formação. *In: BUENO, Belmira; CATANI, Denice Bárbara; SOUZA, Cynthia Pereira. (Orgs.) A vida e o ofício dos professores*. São Paulo: Escrituras, 1998. p.45-64.

COCHRAN, Kathryn F.; JONES, Loretta L. The Subject Matter Knowledge of Preservice Science Teachers. *International Handbook of Science Educational*, p.707-18, 1998.

COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. Análise de um texto do século XVII, 'A grande experiência de equilíbrio dos líquidos', de Pascal: aspectos do método experimental e reflexões didáticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.14, n.1, 1992.

CONANT, James B. *Como compreender a ciência*. São Paulo: Cultrix, 1947. 178 p.

CONANT, James B. *Harvard case histories in experimental science*. Harvard University Press-Cambridge-Massachusetts, v.1, 1957. 321p.

CUNHA, Maria Isabel. *O bom professor e sua prática*. Campinas, SP: Papirus, 1989. 182p. (Magistério: formação e trabalho pedagógico)

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Peres. *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 2. ed.rev., 1992. (Magistério 2º grau. Série Formação do Professor)

DEMO, Pedro. Formação permanente de professores – Educar pela pesquisa. In: MENEZES, Luis Carlos. *Professores: formação e profissão*. Campinas, SP: Autores Associados; São Paulo: NUPES, 1996. p.265-97.

DINIZ, Renato Eugênio da Silva. Concepções e práticas pedagógicas do professor de ciências. In: NARDI, Roberto (Org.) *Questões atuais no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras, 1998.

DOSTER, Elizabeth C.; JACKSON, David F.; SMITH, Darwin W. Modeling Pedagogical Content Knowledge in Physical Science for Prospective Middle School Teachers: Problems and Possibilities. *Teacher Education Quarterly*, v.24, n.4, p.51-6, 1997.

DRIVER, Rosalind. Students' conceptions and the learning of Science. *International Journal of Science Education*, v.11, ed.esp., p.481-90, 1989.



DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. Construindo conhecimento na sala de aula. *Química Nova na Escola*, n.09, p.31-40, maio/1999.

DUARTE, M., FARIA, M. A. I. T. *Didática das Ciências da Natureza*. Ciência do Professor e conhecimento dos alunos. Lisboa: Universidade Aberta, 1997.

DUARTE, Maria Conceição; FREITAS, M. Ensino de Biologia: implicações da investigação sobre concepções alternativas dos alunos. *Revista Internacional*, (Universidade do Minho, Braga – Portugal), v.3, n.11/12, 1988.

DUIT, Renders; TREAGUST, David F. Learning in Science – From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. *International Handbook of Science Educational*, p.03-25, 1998.

EISENHART, Margaret; BORKO, Hilda; UNDERHILL, Robert; BROWN, Catherine; JONES, Doug; AGARD, Patricia. Conceptual Knowledge falls through the cracks: complexities of learning to teach mathematics for understanding. *Science Education*, v. 24, n.1, p.01-40, 1993.

FARIA, A. R. *O desenvolvimento da criança e do adolescente segundo Piaget*. São Paulo: Ática, 1989. 144p.

FAVETTA, Leda Rodrigues Assis. Investigação-ação na formação de licenciandos em ciências. In: V ESCOLA DE VERÃO PARA PROFESSORES DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA, BIOLOGIA E ÁREAS AFINS. 10 a 14 de dezembro de 2000, Bauru. *Caderno de Textos*. Bauru: UNESP. Faculdade de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Departamento de Educação, 2000. p.315-18

FELDENS, Maria das Graças Furtado. Desafios na Educação de Professores: analisando e buscando compreensões e parcerias institucionais. In: SERBINO, Raquel Volpato;

RIBEIRO, Ricardo; BARBOSA, Raquel; GEBRAN, Raimunda. (Orgs.) *Formação de Professores*. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1998. p.125-37. (Seminários e debates)

FREITAS, L.C. Neotecnicismo e Formação do Educador. *In: MOREIRA, A. F. B. (Org.) Conhecimento educacional e formação dos professores*. Campinas, SP: Papirus, 1994. p.89-102.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la história de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.3, p.291-96, 1988.

GARCÍA, Carlos Marcelo. A formação de professores: novas perspectivas baseadas na investigação sobre o pensamento do professor. *In: NÓVOA, António (Org.) Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p.51-76.

GARNETT, Patrick; TOBIN, Kenneth. Teaching for understanding: exemplary practice in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, v.26, n.1, p.01-14, 1988.

GATTI, B. A. *Formação de professores e carreira: problemas e movimentos de renovação*. Campinas, SP: Autores Associados, 1997. – (Coleção formação de professores)

GERALDI, C. M. G.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. A.(Orgs.) *Cartografias do trabalho docente: professor(a)-pesquisador(a)*. Campinas (SP): Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil – ALB, 1998. (Coleção Leituras no Brasil)

GIL PÉREZ, Daniel. ¿Que hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, v.9, n.1, p.69-77, 1991.

GIL PÉREZ, Daniel; CARRASCOSA, Alis Jaime; DUMAS-CARRÉ, André; FURIÓ MAS, Carles; GALLEGO, Rômulo; GANÉ DUCH, Anna; GONZÁLEZ, Eduardo; GUIASOLA, Jenaro; MARTINÉZ-TERREGROSA, Joaquim; PESSOA DE CARVALHO, Anna Maria; SALINAS, Julia; TRICÁRIO, Hugo; VALDÉS, Pablo. ¿Puede

hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Ensenanza de las Ciências*, v.17, n.3, 1999. p.503-12.

GOERGEN, Pedro. O sistema de ensino e a formação de professores na Alemanha. *In: GOERGEN, Pedro; SAVIANI, Dermeval. (Orgs.) Formação de professores: a experiência internacional sob o olhar brasileiro*. Campinas, SP: Autores Associados; São Paulo: Nupes, 2000. p.13-81.

GROSSMAN, Pamela L.; WILSON, Suzanne M.; SHULMAN, Lee S. Teachers of Substance: Subject Matter Knowledge for Teaching. *Knowledge base for the beginning teacher*, p.23-36, 1989.

GUARNIERI, Maria Regina. O início na carreira docente pistas para o estudo do trabalho do professor. *In: GUARNIERI, Maria Regina (Org.) Aprendendo a Ensinar: o caminho nada suave da docência*. Campinas, SP: Autores Associados; Araraquara, SP: PPG em Educação Escolar da FCL da UNESP, 2000, p. 5.23.

HASHWEH, Maher Z. Towards an explanation of conceptual change. *European Journal Science Education*, v.8, n.3, p.229-49, 1986.

\_\_\_\_\_ Effects of subject-matter Knowledge in the teaching of Biology and Physics. *Teaching & Teacher Education*, v.3, n.2, p.109-20, 1987.

KARIOTOGLOY, D., VALASSIADE, O. Understanding pressure: didactical transpositions and pupil's conceptions. *Physics Education*, v.25, p.92-6, 1990.

KEEVES, John P. Methods and Processes in Research in Science Education. *International Handbook of Science Education*, p.1127-53, 1998.

KENSKI, Vani Moreira. Memória e formação de professores: interfaces com as novas tecnologias de comunicação. In: CATANI, Denice Bárbara. (Org.) *Docência, memória e gênero: estudos sobre formação*. São Paulo: Escrituras, 1997. p.97.

KRASILCHICK, Myriam. *O professor e o currículo de Ciências*. São Paulo: EDUSP, 1987. (Temas básicos de educação e ensino)

LAGEMANN, R. T. *Physical Science – origins and principles*. Boston - Toronto: Little Brown and Company, 1963. 458 p.

LEITE, Siomara Bastos. Considerações em torno do conhecimento científico. In: MOREIRA, A.F.B. *Conhecimento educacional e formação do professor*. Campinas, SP: Papirus, 1994.

LONGUINI, Marcos Daniel. Construção de Atividades de Ensino sobre o Conceito de Pressão a partir das Noções Prévias dos Estudantes e da História da Ciência. In: X CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – UNESP, Assis-SP. *Resumos*. São Paulo: Assessoria de Comunicação e Imprensa da Reitoria da UNESP. 1998. p.550.

LUCKESI, Cipriano Carlos. *Filosofia da Educação*. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º grau. Série Formação de Professores)

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Elisa Dalmago A. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986, 99p.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. São Paulo: Atlas, 4ª ed., 1999.

MARTINS, Roberto de Andrade. Tratados Físicos de Blaise Pascal. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, série 2, v.01, n. esp., dez/1989.

MASON, S. F. *História da Ciência: As principais correntes do pensamento científico*. Rio de Janeiro – Porto Alegre – São Paulo: Globo, 1.ed., 1964. 527p.

————— *Historia de las ciencias. La ciencia antigua, la ciencia en oriente y en la europa medieval*. 1.ed. Madrid: Alianza Editorial, 1984. 173p.

MEDEIROS, Alexandre; BEZERRA FILHO, Severino. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino. *Ciência e Educação*, v.6, n.2, p.107-17, 2000.

MEGID NETO, Jorge; PACHECO, Décio. Pesquisas sobre o ensino de Física do 2º grau no Brasil: concepções e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, Roberto (Org.) *Pesquisas no ensino de Física*. São Paulo: Escrituras, 1998. p.05-20.

MENEZES, Luis Carlos. Formar professores: tarefa da universidade. In: CATANI, Denice Bárbara; MIRANDA, H.T.; MENEZES, Luis Carlos; FISCHMANN, R. (Orgs.) *Universidade, escola e formação de professores*. 2.ed., 1987, São Paulo: Brasiliense. 199p.

MOREIRA, Antônio Flávio. A formação de professores na universidade e a qualidade da escola fundamental. In: MOREIRA, Antônio Flávio (Org.) *Conhecimento educacional e formação de professores*. Campinas, SP: Papyrus, 1994. p.127-38.

————— A Formação de professores e o aluno das camadas populares: subsídios para o debate. In: ALVES, Nilda. (Org.) *Formação de professores: pensar e fazer*. São Paulo: Cortez, 1999. (Questões da Nossa Época, 1)

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? In: 3ª ESCOLA DE VERÃO, 1994, São Paulo. *Caderno de Textos: FEUSP*, 1994. p.56-74.

MORTIMER, Eduardo Fleury; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciências. *Cadernos de Pesquisa*. (São Paulo), n.96, p.05-14, fev/1996.

NARDI, Roberto. *Campo de força: Subsídios Históricos e Psicogenéticos para a construção desse conceito*. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1991, 98p.

NARDI, Roberto. História da Ciência X Aprendizagem: algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre as idéias que evoluem para a noção de campo de força. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.1, 1994. p.101-06.

NEVES, Marcos César Danhoni. A sobrevivência do alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de física. *Ciência e Educação*, v.6, n.01, p.11-20, 2000.

NÓVOA, António. Formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, António (Org.) *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p.13-33.

————— Relação Escola-Sociedade: “novas respostas para um velho problema”. In: SERBINO, Raquel Volpato; RIBEIRO, Ricardo; BARBOSA, Raquel; GEBRAN, Raimunda (Orgs.) *Formação de Professores*. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1998. p.19-39. (Seminários e debates)

ORTON, Robert E. Toward an Aristotelian model of teacher reasoning. *Journal Curriculum Studies*, 1997, v.29, n.5, p.569-83.

PEREIRA, Júlio Emílio Diniz. *Formação de professores – pesquisa, representações e poder*. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

PÉREZ GÓMEZ, Angel. O pensamento prático do professor: a formação do professor como profissional reflexivo. In: NÓVOA, António. (Org.) *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p.93-114.

PERRENOUD, Philipe. *Práticas pedagógicas, profissão docente e formação – perspectivas sociológicas*. Lisboa, Portugal: Dom Quixote, 1993. 206p.

PETTERMAN, Francine P. Staff Development and the Process of Changing: A Teacher's Emerging Constructivist Beliefs about Learning and Teaching. cap.14, p.227-45. s.d.

PFUNDT, Helga; DUIT, Renders. *Bibliography on students' alternative frameworks and science education*. 4.ed. Alemanha: Institute for Science Education, Universidade de Kiel, 1994. 288p.

PIAGET, Jean; GARCÍA, Rolando. *Psicogênese e História das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote, 1987. 251p. (Ciência Nova, 6)

ROLLNICK, Marissa; RUTHERFORD, Margaret. The use of a conceptual change model and mixed language strategy for remediating misconceptions on air pressure. *International Journal of Science Education*. v.15 , n.4, p.363-81, 1993.

ROUSSEAU, P. *História da Ciência*. Lisboa: Aster, 1968. 505p.

RUGGIERO, S.; CARTELLI. A.; DUPRÈ, F.; VICENTINI-MISSONI, M. Weight, gravity and air pressure: Mental representations by Italian middle school pupils. *European Journal of Science Education*, v.7, n.02, p.181-94, 1985.

SALTIEL, Edith; VIENNOT, Laurence. ¿Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas historicas y razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*. 1985, p.137-44.

SAVIANI, Dermeval. O problema da formação de professores na Itália. In: GOERGEN, Pedro; SAVIANI, Dermeval. (Orgs.) *Formação de professores: a experiência internacional sob o olhar brasileiro*. Campinas, SP: Autores Associados; São Paulo: Nupes, 2000. p.13-81.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. Coordenação de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta curricular para o ensino de Física: 2º grau*. 3.ed. São Paulo: SE/CENP, 1992. 51p.

SCHURMANN, Paul. *Historia de la Fisica*. Buenos Aires: Nova, 2.ed, 1945a. 379p.

————— *Historia de la Fisica*. Buenos Aires: Nova, 2.ed, 1945b, 672p.

SCHÖN, Donald. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, António (Org.) *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p.77-91.

SERÉ, Marie Genevieve. G. A study of some frameworks used by pupils aged 11 to 13 years in the interpretation of air pressure. *European Journal of Science Education*. v.04, n.03, p.299-09, 1982.

SHEPARDSON, Daniel P.; MOJE, Elizabeth. B.; KENNARD-McCLELLAND, A. M. The impact of a science demonstration on childrens understading of air pressure. *Journal of Research in Science Teaching*. v.31, n.03, p.243-58, 1994.

SHULMAN, Lee S. Those Who Understand: knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, p.04-14, fev/1986.

————— Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, v.57, n.01, 1987.

SILVA, Dirceu. *O ensino construtivista da velocidade angular*. Textos: pesquisa para o ensino de ciências. São Paulo: Faculdade de Educação, 1990.

SILVA, Dirceu; FERNADEZ NETO, Vitoriano; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Ensino da distinção entre calor e temperatura: uma visão construtivista. In: NARDI, Roberto



(Coord.) *Pesquisas em Ensino de Ciências e Matemática*. (Bauru-SP), p.22-9, 1991. 128p. (Ciência & Educação, 4)

SILVA, Aparecida Valquíria Pereira. A construção do saber docente no ensino de ciências para as séries iniciais do primeiro grau. *Pesquisas em Ensino de Ciências e Matemática*.(Bauru-SP), p.73-89, 1996. 106p. (Ciência & Educação, 3)

SILVA, Lenice Heloísa Almeida; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Buscando o caminho do meio: a “sala de espelhos” na construção de parcerias entre professores e formadores de professores de ciência. *Ciência e Educação*, v.06, n.01, p.43-53. 2000.

SILVA, Rita de Cássia. O Professor, seus saberes e suas crenças. *In: GUARNIERI, Maria Regina (Org.) Aprendendo a Ensinar: o caminho nada suave da docência*. Campinas, SP: Autores Associados; Araraquara, SP: Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar da Faculdade de Ciências e Letras da UNESP, 2000, p. 5.23.

SOUZA, Cynthia Pereira. A evocação da entrada na escola: relatos autobiográficos de professores e professoras. *In: BUENO, Belmira; CATANI, Denice Bárbara; SOUZA, Cynthia Pereira. (Orgs.) A vida e o ofício dos professores*. São Paulo: Escrituras, 1998. p.31-44.

TANCREDI, Regina Maria Simões Puccinelli. Globalização, qualidade de ensino e formação docente. *Ciência e Educação*. v.05, n.02, p.49-60, 1998.

TRIVELATO, Silvia Luiza Frateschi. Ensino de Ciências e o movimento CTS (Ciência/Tecnologia/Sociedade). *In: 3ª ESCOLA DE VERÃO PARA PROFESSORES DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA*, 1994, São Paulo. *Coletânea*. São Paulo: FEUSP, 1995.

TRIVELATO JÚNIOR, José. Um obstáculo à aprendizagem de conceitos em biologia: geração espontânea x biogênese. *In: NARDI, Roberto (Org.) Questões atuais no ensino de ciências*, São Paulo: Escrituras, 1998. p.77-84.

TYTLER, Russel. Children's conceptions of air pressure: exploring the nature of conceptual change. *International Journal Science Education*, 1998, v.20, n.08, p.929-58.

VILLANI, Alberto. Reflexões sobre o ensino de física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. *Revista de Ensino de Física*, v.6, n.02, 1984.

————— *O professor de ciências é como um analista?* Instituto de Física da Universidade de São Paulo. 18p. s.d. (Mimeogr.)

VILLANI, Alberto; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Un curso de actualización y cambios conceptuales en profesores de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, v.14, n.01, p.25-33, 1997.

ZABALA, Antoni. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: ArtMed, 1998. Trad. Ernani F. da Rosa.

ZEICHNER, Kenneth M. Novos caminhos para o *practicum*: uma perspectiva para os anos 90. *In: NÓVOA, António (Org.) Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p.115-38.

————— O professor como prático reflexivo. *A formação reflexiva de professores: idéias e práticas*. Lisboa: Educa, 1993.

WALLACE, John; LOUDEN, Willian. Science Teaching and Teachers' Knowledge: Prospects for Reform of Elementary Classrooms. *Science Education*, v.76, n.05, p.507-21, 1992.

WATTS, D. M., ZYLBERSTAJN, A. A Survey of some children's Ideas About Forces. *Physics Educational*, v.15, p.360-65, 1981.

WEBB, N. M. Group Collaboration in Assesment: Multiple Objectives, Processes, and Outcomes. *Educational Evaluation and Policy Analisis Summer*, v.17, n.02, p.239-61, 1995.

## ANEXO I: Algumas pesquisas realizadas sobre Concepções Espontâneas em pressão atmosférica

A respeito de *conceitos alternativos* dos alunos sobre *pressão atmosférica*, várias pesquisas já foram realizadas, dentre elas podemos citar os trabalhos de RUGGIERO *et al.* (1985), BERG (1992), SHEPARDSON *et al.* (1994), LONGUINI (1998).

Uma síntese de algumas destas pesquisas, com o objetivo de mapear as principais idéias que os alunos apresentam sobre o assunto é apresentada a seguir. Cada pesquisa desenvolvida empregou situações desencadeadoras específicas, enfocando sob os mais diversos ângulos, o tema ‘pressão atmosférica’.

SERÉ (1982), por exemplo, trabalhou com crianças entre onze e treze anos de idade, em um curso sobre propriedades físicas da matéria, em especial, os gases, tratando de assuntos como a sua compressão, a existência da pressão atmosférica, suas variações e efeitos. Através desta pesquisa, o autor busca as estruturas que os alunos apresentam para explicar certos conceitos que, muitas vezes, representam obstáculos à compreensão sobre a propriedade dos gases quando este assunto é abordado em aulas de ciências. As atividades foram realizadas junto a uma amostra de vinte e quatro estudantes, e os resultados foram interpretados de maneira qualitativa. Elas são apresentadas no quadro abaixo, sendo que os dados foram coletados após cada uma ter sido realizada, não havendo intervenção por parte do professor entre uma e outra.

EXPERIMENTO	INSTRUÇÃO PARA OS ALUNOS
01)Explosão de uma bexiga.	Observe e explique.
02)Uma seringa é presa ao bocal de um balão, empurre e puxe o pistão.	Explique por que o balão expande. Explique por que o balão encolhe.
03)Um recipiente é esmagado pelo efeito da pressão atmosférica (Um pouco de ar é removido de um recipiente metálico, fervendo uma certa quantia de água em seu interior). Esse recipiente é esmagado	Explique por que o recipiente é esmagado.

quando fechado e deixado esfriar por um certo tempo)	
04)Um copo completamente cheio de água com um pedaço de papelão colocado em sua borda é mantido de cabeça para baixo.	Explique por que o papelão e a água não caem.
05)Duas seringas são ligadas por um tubo flexível. Empurre o pistão e posteriormente puxe-o.	Explique por que o outro pistão se move.
06)Uma embalagem de iogurte depois de aberta é invertida de cabeça para baixo, porém seu conteúdo não se solta.	Por que o iogurte não cai?
06 – 1)Em seguida um buraco é feito no fundo do recipiente de iogurte e o conteúdo então se solta.	Por que o iogurte cai agora?

**Quadro III: Algumas atividades aplicadas por SERÉ em seu curso sobre propriedades físicas dos gases.**

(Fonte: SERÉ, 1982, p.301)

Dos resultados obtidos, por exemplo, para o experimento dos tubos unidos (2), alguns alunos já apresentam a noção da transmissão de pressão através do tubo, mas ainda sem mencionar o termo:

*“Se você empurra o pistão, o ar nesse ponto que vai através do tubo empurra o outro pistão”.*

Na situação (6), na qual o iogurte não se solta, mesmo estando o recipiente posto de cabeça para baixo, muitos alunos relacionaram o fato com a necessidade da entrada do ar para que o conteúdo pudesse ser empurrado para fora:

*“ [...] Sem esta perfuração, ele (o ar) não está empurrando”*

O termo “pressão” surgiu também entre as várias respostas obtidas, porém nem sempre foi empregado em um contexto cientificamente aceitável:

*“Porque dentro do iogurte contém vácuo, e se você não tirar o ar de dentro ele não sai, porque tem pressão”.*

*“Porque a pressão de fora é maior que a de dentro”.*

*“Porque a pressão interna do iogurte é menor do que a pressão externa”.*

Outros ainda associaram a pressão como algo material, que tem a capacidade de sair e entrar. O fato de “algo ficar grudado” é muitas vezes relacionado ao fato de “existir pressão” e não devido à atuação da pressão, reforçando a idéia de pressão como “algo material”:

*“Porque ele está sob pressão e quando eu tiro a pressão sai”.*

*“Porque, enquanto tem o lacre, o iogurte fica com pressão [...]”*

*“Eu acho que é porque fica pressão no fundo do pote”.*

*“O ar que envolve a lata é menor que o ar de fora, quando abrir o ar invade a lata e expulsa”.*

*“Por que lá dentro não havia ar. Tirando o lacre, vem pressão de fora, o ar entra, e o conteúdo se solta”.*

Segundo SERÉ (1982), certas atividades desenvolvidas do dia-a-dia acabam reforçando alguns conceitos muitas vezes equivocados; além disso, algumas idéias são ainda bastante abstratas e difíceis de serem trabalhadas, como por exemplo, imaginar que o

ar, mesmo em repouso, exerça pressão. Muitas crianças, por exemplo, apresentam a concepção de que somente o vento exerce pressão, por estar em movimento.

Outros alunos ainda fazem um tipo de relação confusa quando confrontados com experimentos que envolvam queda, peso etc. Eles geralmente confundem gravidade e pressão atmosférica. Quando o lacre do pote de iogurte foi retirado e os alunos observaram que o conteúdo se soltou, um estudante explicou:

*“Porque ao retirar o lacre o ar entra e destrói a atração entre o produto e o recipiente, permitindo que o iogurte obedeça à reação da gravidade”.*

A associação entre estes conceitos é tão presente nas respostas dos alunos, que muitos pesquisadores dedicaram seus trabalhos a estudarem essa relação. Uma dessas pesquisas foi realizada por RUGGIERO *et al.* (1985), que fez uma investigação com vinte e duas crianças italianas entre treze e quatorze anos de idade, sobre o conhecimento comum a respeito da relação entre peso, ar e gravidade.

Sua pesquisa originou-se através de trabalhos anteriores como o Dupré *et al.* (1981), a respeito de concepções alternativas sobre o planeta Terra. Foi notado que, além de crianças ou mesmo adultos conceberem peso e gravidade como coisas distintas, muitas vezes, associam estes conceitos com a pressão atmosférica.

O autor aponta alguns elementos básicos da interpretação de fenômenos envolvendo queda de corpos, quando estes três elementos aparecem de maneira confusa: um deles é a idéia de que os objetos caem sempre dentro de um envoltório de ar que fica ao redor da Terra, substância esta que não é palpável, dando a noção de que um espaço mesmo cheio de ar é vazio.

Segundo RUGGIERO *et al.* (1985), outra idéia que muitas vezes gera dificuldades no trato dos conceitos de maneira científica, é a influência dos meios de comunicação como a televisão, por exemplo. Em programas como os de previsão do tempo, expressões como “pressão atmosférica” muitas vezes estabelece uma conexão entre a ação exercida por um tipo de força com uma substância impalpável, o ar.

O mesmo ocorre com a expressão “força da gravidade”, o que os leva a acreditar que tanto a gravidade como a pressão atmosférica são forças e estão relacionadas. Desenhos animados e filmes mostram que, quando objetos ou pessoas estão “fora” da Terra, em um espaço interplanetário, a principal característica notada é a “ausência” de gravidade. Isto causa em muitos alunos, uma associação direta entre ar e gravidade.

Com base nestas relações confusas, o pesquisador elabora um questionário composto por sete atividades, que é aplicado numa amostra de vinte e duas crianças. Abaixo estão apresentadas três dessas questões que foram analisadas mais aprofundadamente pelos autores.

Questão 01: Durante uma exibição, um jogador lança três bolas perfeitamente iguais. Existe um momento em que as três bolas estão no ar, mas a primeira lançada já está caindo, a segunda está no topo da trajetória e a terceira está subindo.

Os alunos tinham que completar a frase abaixo:

“As forças atuantes nas bolas são iguais porque...” ou.

“As forças atuantes nas bolas são diferentes porque...”



Questão 02: Uma extremidade de um fio está presa a uma pedra, e a outra presa a um prego na parede. A pedra está livre para oscilar paralela ao plano da parede. Em um certo momento ela é posta em movimento.

Os alunos respondiam às questões abaixo:

- (a) “Qual é o total de força que atua na pedra quando ela está no ponto mais alto da trajetória?”
- (b) “Qual é o total de força que atua na pedra quando ela está no ponto mais baixo da trajetória?”

Questão 03: Um objeto suspenso por um dinamômetro é mostrado aos alunos. A pergunta a esta situação foi:

“A indicação do dinamômetro será sempre a mesma quando colocado no topo de uma montanha ou no fundo de uma mina?”

As questões (01) e (02), Ruggiero *et al.* extraíram de uma pesquisa anterior realizada por Viennot (1971), e as outras foram adaptadas de pesquisas de Dupré e Vicentini – Missoni (1981). As repostas a este teste são agrupadas em categorias de conceitos (A, B, C e D):

Na categoria (A), está implícita a idéia que a “força da gravidade” opera no “peso dos objetos”, fazendo com que eles caiam. O peso é entendido como uma característica de cada objeto, enquanto gravidade é o fator que faz com que os corpos caiam.

Na categoria (B), peso e gravidade são fatores que, em conjunto, ocasionam a queda dos objetos. Os resultados da pesquisa apontam ainda que muitos alunos apresentam a idéia

de que o “peso varia com o ar”, ou então ele só existe na Terra, em função da presença de ar no planeta.

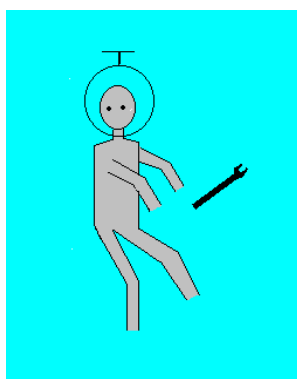
Nas idéias inseridas na categoria (C), a força da gravidade, o peso e queda de objetos são entidades totalmente diferentes. A queda é explicada como um movimento natural, independente do peso ou gravidade.

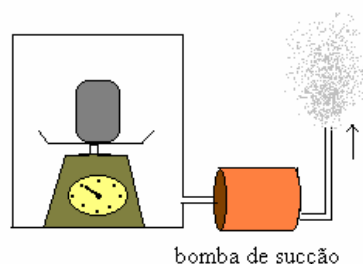
Em (D), foram enquadradas as respostas consideradas cientificamente corretas, porém dentre os quarenta alunos entrevistados, somente dois incluíram-se nesta categoria.

Para testar as hipóteses anteriores, os pesquisadores aplicaram, na forma de um questionário escrito, mais quatro questões à mesma amostra de alunos. Abaixo, estão relatadas duas delas. A primeira explora justamente a conexão entre atmosfera e gravidade em uma situação de “vazio no espaço” e na segunda, trata-se de um “vazio terrestre”. Foram elaboradas para verificar se os alunos acreditam que existam diferenças entre estes “dois vazios”, uma vez que no espaço e na superfície da Terra, a atração gravitacional é diferente.

### **Questão 01:**

O que acontece com uma chave inglesa quando abandonada da mão do astronauta na superfície da lua?”



**Questão 02:**

“A figura anterior representa uma balança com uma pedra colocada em seu prato. Esta balança está dentro de um recipiente totalmente fechado, sendo que em seguida, através de uma bomba de vácuo, todo ar é retirado de dentro deste invólucro. O que acontece então com a indicação da balança quando o ar é retirado? E depois quando todo o ar volta para dentro do recipiente?”

As idéias dos alunos confirmaram os testes realizados na primeira sessão de questões. Eles acreditaram que os objetos não caem no espaço porque não existe atmosfera e, na falta de ar, o peso torna-se nulo. Isto confirma os resultados enquadrados na categoria (B), quando o peso e a gravidade dependem do ar. Segundo concepções de outros estudantes, é comum a idéia de que os objetos não caem na lua, “porque lá não existe gravidade”, assumindo um modelo de certa forma geocêntrico, em que a força da gravidade só atua na Terra.

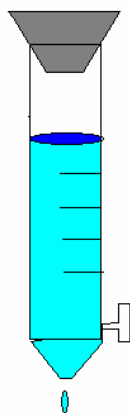
Através de dados obtidos, RUGGIERO *et al.* (1985) concluíram ainda que “o vácuo no espaço” e “o vácuo na Terra” são concebidos pelos alunos como coisas totalmente

distintas, pois, às vezes, mesmo na falta de ar na superfície da Terra, os objetos caem, por ser natural caírem, enquanto que na lua muitas vezes tem-se a idéia de que eles flutuam.

Na atividade da balança, muitos responderam que o peso da pedra tornar-se-ia nulo, mais uma vez corroborando dados dos testes anteriores, em que o peso é algo que depende do ar.

Muitas das idéias equivocadas são, às vezes, apresentadas em livros-textos, como aponta a pesquisa de KARIOTOGLOY e VALASSIADE (1990). Os autores embasaram-se em artigos que investigaram as concepções dos alunos sobre fluidos (Seré, 1982; Engel e Driver, 1985) que apontam a confusão comum entre força e pressão, atribuindo a esta, características vetoriais. A característica vetorial é reforçada pelo uso de setas na superfície de líquidos para mostrar a existência da pressão naquele local, ou também, muitas vezes, com o uso de expressões como “exerce maior pressão para a direita”. Isto pode, por sua vez, levar os alunos a idéias errôneas, quando usarem desses livros-textos para estudos.

Uma outra pesquisa envolvendo o conceito de pressão atmosférica realizada por BERG (1992) com 101 estudantes entre dezessete e dezoito anos de idade, buscou examinar as idéias prévias que esses alunos empregavam em atividades do tipo qualitativa. A metodologia usada foi chamada DOE (demonstração, observação, explanação), usada por Champagne *et al.* (1980) com estudantes de um curso de mecânica clássica. A situação utilizada está descrita abaixo:



**Figura 06:** Uma bureta contendo um líquido colorido utilizado no levantamento das concepções dos alunos sobre pressão atmosférica.

(Fonte: BERG, 1992, p.298)

Consistia em uma bureta que era levantada com sua torneira aberta. O líquido fluía por um certo tempo, até que uma rolha era inserida na sua parte superior; o líquido então começava a escoar cada vez menos, até parar completamente. Esta atividade foi realizada pelo professor em sala de aula e, em seguida, os alunos respondiam à questão: “Por que o líquido pára de fluir quando a rolha é inserida?”

As respostas foram analisadas e agrupadas em três categorias (A, B e C). Na categoria (A), a idéia principal dos alunos foi a de que o ar fechado não tem as mesmas propriedades que o ar livre e, quando fechado não exerce pressão alguma. Outra idéia importante obtida na pesquisa de BERG (1992), foi a de que, enquanto professores e cientistas concebem o vácuo como a ausência de ar, os estudantes o consideram com algo que “suga” ou “puxa para trás”.

Na categoria (B), o foco principal foi a ação da rolha sobre o líquido, quando são comuns idéias do tipo: “o ar é forçado para fora quando a rolha é inserida”; “a rolha segura o líquido na posição – atua como um vácuo”; “inserindo a rolha pressuriza o tubo

*e a água pára de fluir*”. Está presente também a idéia de que pressurizar é o mesmo que “puxar para trás”.

Na última categoria (C), são classificados os alunos que apresentaram idéias relacionadas à diferença entre pressão interna e externa. São comuns concepções tais como: “a pressão externa é maior que a interna”. Aqui já apareceram idéias mais sofisticadas, porém, nem sempre próximas das aceitas cientificamente. Um estudante desta categoria parece ter usado a idéia de “horror ao vácuo” como explicação para a situação, idéia esta defendida por Aristóteles no século IV a.C., quando escreve: ***“O líquido pára de escorrer, porque o ar não pode repor o volume perdido”***.

Segundo BERG (1992), são necessários programas com um tempo maior para abordar estes tipos de conceitos de maneira qualitativa, em detrimento a uma matematização prévia, ressaltando a sua aplicação e utilidade no dia-a-dia, como por exemplo, o fato de haver um pequeno orifício na tampa de combustível do tanque de um cortador de gramas. A pesquisa ainda reafirma dados do trabalho de Seré (1985), mostrando que estes tipos de concepções são comuns e persistentes.

ROLLNICK e RUTHERFORD (1993) também apresentam resultados de um levantamento de concepções espontâneas realizado em 1990. Os dados são relativos a vários tópicos relacionados com a pressão do ar; alguns deles apresentados a seguir, em um esquema em que, além das principais idéias espontâneas sobre o tema, são apresentadas paralelamente as idéias cientificamente aceitas.

1) Concepções sobre a ocupação dos espaços pelo ar:

Científica: *o ar ocupa espaço e em um vácuo não há ar.*

Alternativa: *mesmo que só um pouco de ar seja removido, um vácuo é formado.*

2) Concepções mostrando que o ar exerce pressão:

Científica: *a pressão do ar atua em todas as direções; inclusive na superfície de um líquido ou sobre um objeto sólido. Quando o ar é removido de um espaço confinado, isso resulta na redução da pressão no interior deste espaço e, adicionado-se mais ar ao volume do recipiente, ocasiona-se um aumento na pressão.*

Alternativa: *o ar comprimido tem poder de puxar.*

3) Concepções sobre a relação pressão/altitude:

Científica: *aumentando-se a altitude, a pressão atmosférica diminui, resultando em uma diferença entre a pressão interna e externa do ouvido, sendo similar na descida.*

Alternativa: *grandes altitudes provocam baixa temperatura que provocam efeitos na pressão. Além disso, os efeitos da pressão em veículos em movimento são causados pelo movimento ou pelo ar atuante sobre o veículo, ou mesmo pelo ruído do motor – fatores não relacionados com a mudança de altitude.*

Situações-problema estão presentes em várias destas pesquisas, e elas são utilizadas para levantar as principais idéias que os alunos apresentam sobre um determinado assunto. Na pesquisa de SHEPARDSON *et al.* (1994), essas atividades, além de mapearem as concepções dos alunos, foram usadas para verificar o quanto uma amostra de alunos

poderia ressignificar suas idéias sobre pressão do ar após certas demonstrações, utilizando-se de alguns tipos de experimentos. A pesquisa buscava também identificar como poderia se dar este processo de mudança, assim como mapear que características seriam necessárias nestas atividades para que elas pudessem auxiliar na compreensão do conceito.

Os resultados, que foram interpretados dentro de uma abordagem construtivista, foram coletados através de protocolos escritos e entrevistas realizadas com uma amostra de cinquenta e duas crianças das primeiras séries do ensino fundamental (elementary school) nos Estados Unidos.

A pesquisa foi realizada junto a um professor que trabalhou com seus alunos o tema “condições atmosféricas”. Vários conceitos foram abordados, dentre eles, a pressão atmosférica. Em especial, SHEPARDSON *et al.* (1994) focalizaram um experimento usado pelo professor, conhecido como “ovo na garrafa”. Consistia de um ovo colocado na boca de um frasco contendo um pedaço de papel em chamas<sup>7</sup>. Porém, antes da realização do experimento, o professor apresentou situações em que uma sacola plástica é cheia com ar quente proveniente de um papel em chamas, ilustrando como o ar expande e sobe quando aquecido. A coleta de dados se deu em quatro instantes distintos: através de um questionário anterior à demonstração, num segundo momento quando foi pedido aos alunos que recordassem sobre o que observaram e por fim num terceiro, que explicassem o observado. A quarta coleta de dados foi realizada no dia seguinte, para que houvesse um tempo de interação e troca de idéias entre os alunos.

---

<sup>7</sup> O fogo aquece o ar do recipiente causando expansão, que faz com que uma parte deste ar se desloque para fora da garrafa. Quando o fogo acaba, o restante do ar do interior da garrafa resfria e contrai-se, criando um “vácuo” parcial no interior do recipiente. A pressão do lado de fora é maior que a interna, fazendo com que o ovo seja empurrado para dentro do vasilhame.



Como acréscimo a esta fonte de dados, sete alunos foram selecionados e entrevistados alguns dias após as atividades em sala de aula. O questionário aplicado por SHEPARDSON *et al.* (1994, p.247), consistia das seguintes questões:

- Antes da demonstração:

- 01) O que você acha que ocorrerá com o fogo na garrafa?
- 02) Por que você pensa que isso ocorrerá?
- 03) O que você acha que ocorrerá com o ovo na boca da garrafa?
- 04) Por que você pensa que isso ocorrerá?

- Durante a demonstração:

- 01) O que acontece com o fogo?
- 02) O que acontece com o ovo?
- 03) Marque qualquer observação extra que deseje.

- Após a atividade:

- 01) Como você explica o que aconteceu com o fogo?
- 02) Como você explica o que aconteceu com o ovo?

- Fechamento da atividade:

- 1) Agora que você viu a demonstração e discutiu o experimento com seus colegas de sala e com o professor, escreva sua explicação sobre o que ocorreu com o ovo.

Antes da demonstração, muitos alunos acreditavam que o fogo acabaria por falta de oxigênio, ou então apresentaram explicações relacionadas a aquecimento ou fumaça. Apenas algumas crianças relataram suas explicações relacionando o ocorrido com a pressão do ar.

Durante a demonstração, 70% das crianças explicaram o fato do fogo apagar-se devido à falta de oxigênio; 33% ainda explicam em termos de calor ou fumaça; 15% apresentaram respostas em termos da pressão do ar; 21% com referências a balanço entre ar interno e externo. Trinta e seis por cento dos alunos apresentaram algum conhecimento em relação à pressão do ar, porém nem sempre equivalentes ao conceito científico. Após a troca de idéias entre as crianças, 35 % das respostas se referiam à explicação em termos de calor ou fumaça. Porém, 46% referiram-se à pressão do ar.

Na resposta transcrita a seguir, um aluno tenta explicar que a natureza está sempre num processo de balanceamento; que o ovo foi para dentro da garrafa porque o ar de dentro do vasilhame tinha que se igualar ao ar de fora.

Aluno KI4: *“... a natureza está sempre tentando balancear os espaços, então ela iguala todos os locais que tem ar”.*

Nesta idéia parece estar presente a concepção aristotélica que a natureza não permite a existência de espaços vazios, sempre os preenchendo com ar (“a natureza tem horror ao vácuo”, BASSALO, 1996).

Alguns alunos ainda quando citavam termos como pressão do ar, os relacionava ao fogo ou fumaça como demonstrado em um trecho do diálogo abaixo:

Aluno KI5: *“[...] o fogo precisa de ar. E então toda a pressão do ar força o ar para dentro da garrafa [...]”*

Professor: Quando você diz “pressão do ar”, o que você quer dizer?

Aluno KI5: *“Ele precisa dar alguma coisa, e então empurra; como neste caso, ele empurra o ovo para dentro da garrafa”.*

Professor: O que empurra o ovo para dentro da garrafa?

Aluno KI5: *“Eu penso que é a fumaça, como a do cigarro [...]”*

A fala relata, portanto que o aluno associa a pressão do ar à falta de oxigênio ou à ação da fumaça. Relações confusas entre pressão do ar e gravidade são verificadas por SHEPARDSON *et al.* (1994), quando um aluno relata que:

Aluno KI2: *“Ela [pressão do ar] é uma espécie que nos segura no chão. O ar empurra, empurra para baixo e então você não pode subir – a gravidade ajuda também. Gravidade puxa e pressão empurra você”.*

Quando alunos relacionam gravidade e pressão do ar, eles o fazem como se fossem forças opostas ou iguais. A conexão entre estes diferentes conceitos é o que Vygotsky (1986) cita, segundo SHEPARDSON *et al.* (1994), como o chamado “encadeamento” de conceitos, na tentativa de explicar um conceito novo ou maior.

O autor alerta para o fato de que, ao utilizar situações experimentais, estas devam focar somente o conceito a ser trabalhado, para que o aluno não se distraia com fatores que induzirão ao desvio da resposta almejada. Considera que a experiência do ovo na garrafa foi imprópria para a observação de fenômenos sobre pressão do ar, uma vez que o fogo acabou desviando a atenção dos alunos. Conclui que as atividades devam gerar uma perturbação nas idéias prévias dos estudantes, encorajando-os a discuti-las e reformulá-las, caso contrário, será difícil criar condições para ocorrerem mudanças significativas nas idéias prévias dos sujeitos.

Em 1998, com uma pesquisa de mesma natureza, TYTLER explorou a natureza das concepções de crianças sobre pressão do ar e buscou verificar como ocorrem as mudanças

dessas concepções para outras possivelmente mais elaboradas. Segundo o autor, essas mudanças se dão mais por um fenômeno de acréscimo de novas idéias do que as do tipo sugeridas pelo modelo de revoluções científicas de Thomas Kuhn (1970), em que os paradigmas vigentes passam por crises e, em seguida adota-se um novo conjunto de idéias, sendo as antigas abandonadas (revoluções científicas).

Em sua pesquisa, TYTLER (1998) levantou algumas questões sobre a natureza da mudança conceitual de alunos, quando envolvidos na aquisição de conceitos científicos sobre pressão do ar atmosférico. Ele questionou quais são as possíveis barreiras que impedem os alunos de adquirirem novas concepções, e também descreveu como é o processo em que novas concepções são adquiridas.

Para tanto, utilizou questionários contendo dezesseis questões, elaboradas no intuito de desafiar o pensamento das crianças. A amostra consistia de alunos de ensino primário com seis anos de idade, outros com nove e dez anos e um último grupo com onze e doze anos. As atividades eram respondidas em grupo, a fim de proporcionar diálogo entre os alunos.

Algumas crianças foram selecionadas após realizarem a atividade em grupo e passaram por entrevistas após um período de seis meses. Isso foi realizado para se poder comparar se esses alunos ainda sustentavam suas idéias, refinaram-nas e estenderam-nas, ou simplesmente as esqueceram em favor de suas concepções mais simples.

As atividades foram elaboradas envolvendo interações entre o ar interno e externo de recipientes. A seguir estão descritas algumas das atividades aplicadas aos grupos:

- *Dedo mágico:* uma lata cheia de água tem três furos em seu fundo e um em seu topo. A água que flui através dos três furos é controlada abrindo ou tapando o furo do topo com um dedo.

- *O dardo pegajoso*: um desentupidor de pia é pressionado contra uma parede com azulejo. É difícil removê-lo.
- *Seringas unidas*: duas seringas são unidas por um tubo plástico. Empurrando uma, conseqüentemente a outra é empurrada. Puxando-se, tem-se o mesmo efeito.
- *Sugador*: um copo com licor (com um canudo inserido) tem sua tampa hermeticamente fechada. É difícil beber o licor através do canudo.
- *O canudo mágico*: um canudo é perfurado em vários locais com um alfinete, então se torna mais difícil sua utilização para beber algo.

O papel dos professores em cada sessão de atividades foi circular entre os grupos, encorajando as discussões, levantando as idéias dos alunos e focalizando suas atenções nas atividades. As respostas obtidas foram agrupadas em tendências segundo o autor, passando por idéias mais simples até as mais elaboradas.

#### Concepções pré-exploratórias:

- somente descreve observações (*a água esguicha para fora*)
- agente humano como causa (*porque sopramos forte*)
- intencionalidade atribuída a objetos (*o ar queria escapar*)

#### Concepções intermediárias:

- referências infocalizadas: para o ar ou a água (*o ar fez acontecer*)
- imagens “trancadas” (*o ar e a água ficaram presos na lata*)

Concepções avançadas.

- competição por espaço (*a água não pode sair ao menos que o ar entre no lugar*)<sup>8</sup>
- a ação do ar fechado: força ou puxão (*o ar no jarro forçou a água para sair*)
- efeito da sucção (*o ar no fundo do recipiente suga para a superfície*)
- ação do ar do lado de fora (*o ar é empurrado contra o dardo; a pressão do ar externo ajuda o papelão ficar no lugar*)
- diferentes pressões (*a pressão do ar externo pressionou fortemente o ar e a água do lado de dentro*)

Em uma outra entrevista realizada com os alunos seis meses após o primeiro teste, alguns resultados puderam ser esperados, baseando-se em outras pesquisas que trabalharam desta maneira. As explicações das crianças poderão permanecer estáveis por um período de tempo, serem refinadas ou mesmo modificadas totalmente. Pode ocorrer das crianças regressarem às suas idéias anteriores ou então, ampliarem-nas ainda mais para outras situações; ou então uma combinação de todos estes fatores.

No caso específico da pesquisa de TYTLER (1998), grande parte dos alunos mantiveram as mesmas idéias chaves usadas na primeira entrevista seis meses antes. Isso mostra claramente que as crianças podem persistir em suas idéias, porém isso não se aponta como regra geral. Em alguns casos, as frases usadas posteriormente podem conter termos mais complexos ou serem mais sucintas.

---

<sup>8</sup> Esta idéia está ligada diretamente à concepção aristotélica que a natureza não admite a existência de um espaço vazio: “a natureza tem horror ao vácuo” (SCHURMANN, 1945a).

A situação do copo invertido é um exemplo de atividade que mostra a regressão nas idéias dos alunos. Um estudante da amostra havia justificado primeiramente o fato, relacionando-o com a pressão do ar interno e, posteriormente o explicou usando termos como sucção para justificativa:

1ª entrevista: “[...] a pressão do ar, porque o ar interno está empurrando [...]”

“Porque ele está empurrando para cima o ar está todo empurrando [...]”

2ª entrevista: “O copo foi como uma sucção do pedaço de papel, porque o ar está tentando empurrar para dentro do copo”.

Segundo TYTLER (1998), foi possível verificar que as crianças com maior idade modificaram e ampliaram suas idéias de maneira mais fácil que as crianças menores. Todo o grupo de crianças com onze e doze anos de idade refinou suas explicações. Isso pareceu estar ligado à relação que os alunos têm com fenômenos concernentes ao ar. A concepção aristotélica de competição por espaço vazio só foi identificada em crianças que tinham consciência da existência do ar e capacidade para entender que uma certa quantidade de ar ocupa espaço.

Após o final da Segunda entrevista, as respostas dadas às questões foram fornecidas aos alunos, coerentes com a concepção científica atual. Eles foram questionados sobre o que achavam da explicação, se a idéia exposta poderia ser usada como idéia deles.

Um dos alunos não entendeu a resposta como causa para a situação em que o cartão ficou preso ao copo invertido. Para esse aluno, a associação com pressão só poderia ser aceita se o ar estivesse em movimento. Este é também um tipo de concepção identificada em pesquisas como a de Seré (1982), segundo TYTLER (1998).

As crianças com onze e doze anos foram as mais dispostas a aceitar a idéia de pressão do ar externo como explicação, porém em nem todas as situações.

TYTLER (1998) ressalta que um dos conceitos físicos que apresenta maior dificuldade para haver algum tipo de mudança em idéias previamente construídas pelos sujeitos é o de pressão, e sua relação com o conceito de atmosfera.

As crianças muitas vezes associam o termo com força, movimento, a aspectos animistas como “o ar fechado é forte”, “ele quer escapar”. A idéia de ar exercendo força ou pressão está intimamente ligada ao ar fechado em recipientes, o que acaba fazendo com que os alunos diferenciem ar fechado de ar livre. Pressão é então entendida como uma propriedade do “ar fechado” e neste caso, é totalmente implausível a idéia de que a atmosfera, que é algo “livre”, possa exercer alguma pressão.

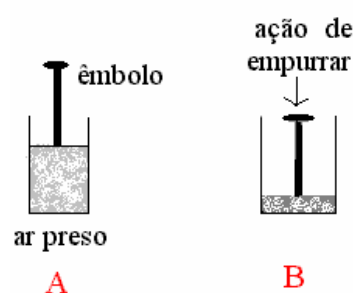
Segundo TYTLER (1998), os alunos não têm uma pronta consciência da existência da pressão do ar externo, visto que seus efeitos são ocultados por sua equalização por toda a superfície. Além do mais, existe uma tendência a focalizar um fenômeno *in locu*, com uma visão parcial. Focalizar a atenção para o ar externo não é uma tarefa óbvia para crianças e nem mesmo para adultos.

A idéia da sucção presente nas explicações de muitos alunos gera uma grande barreira para a adoção da concepção de pressão atmosférica. Segundo o autor, diSessa (1989) afirma que esta idéia pode ter surgido com uma associação sensório-motor a respeito da sucção, sendo classificada como ‘fenomenologicamente primitiva’.

Com base em todas estas características apresentadas nas concepções dos alunos, TYTLER (1998) conclui que a mudança de concepção a respeito de pressão do ar pode ser diferente da mudança de concepção acerca de outros conceitos.



Em posterior pesquisa, BERG (1995) trabalhou com dez alunos entre dezessete e dezoito anos de idade engajados na resolução de problemas qualitativos, que não tivessem dependência com fórmulas matemáticas ou técnicas algorítmicas. O tema abordado foi a lei de Boyle para gases, envolvendo conceitos como massa, volume e pressão para uma certa quantidade de ar preso em uma seringa, passando por diferentes estágios de compressão. Foram apresentadas aos alunos da amostra algumas situações experimentais com a seringa, dentre elas a esquematizada abaixo:



**Figura 07: Questão utilizada por Berg mostrando uma seringa em diferentes estágios de compressão. (Fonte: BERG, 1995, p. 874)**

A seringa, que estava devidamente vedada, apresentava uma certa quantidade de ar em seu interior. Em seguida, seu êmbolo era empurrado para baixo de modo que o ar interno fosse comprimido.

Aos alunos foi requisitado que respondessem se o volume, massa e pressão do ar aumentavam, decresciam, ou permaneciam os mesmos. Oitenta e três por cento dos alunos entrevistados responderam que haveria um aumento na pressão quando o êmbolo fosse comprimido, porém o ar fechado exerceria pressão somente quando é empurrado pelo êmbolo, mas não quando puxado.

LONGHINI (1998) utilizando ‘situações problemas’ sobre pressão atmosférica fez um levantamento das concepções de 104 alunos de três séries do Ensino Médio em uma escola da rede pública de ensino.

Uma das atividades apresentadas aos alunos foi a da lata de extrato de tomate fechada a vácuo. São comuns, atualmente, propagandas de vários produtos que são embalados a vácuo, porém nem sempre esse conceito é compreendido entre as pessoas. Tomando, portanto, como exemplo uma embalagem deste tipo, a seguinte questão foi levantada para os alunos:

“Por que a lata de tomate só se abre quando o lacre da tampa é retirado?”<sup>9</sup>

Alguns alunos relacionaram o “ar” dentro ou fora da lata como explicação para o fato, como se pode verificar pelas citações abaixo:

*“Por causa do ar que sai.”*

*“Porque quando eu tiro o lacre entra ar e a tampa não fica mais comprimida”.*

*“Porque o ar que estava preso sai da lata”.*

*“Porque retirando o vedante o ar entra na lata permitindo que a tampa da massa de tomate seja aberta”.*

Outros citaram o termo “fechado a vácuo” como explicação, talvez pelo fato de ouvirem-no em propagandas do próprio produto:

---

<sup>9</sup> Anteriormente à apresentação da questão, os alunos demonstraram conhecer o tipo de embalagem utilizada.

*“Porque como ele está fechado a vácuo, quando tira o lacre, entra ar, então a tampa não fica mais comprimida”.*

*“Porque o fechamento é a vácuo, ou seja, o ar é todo sugado para fora e a força da gravidade empurra a tampa para dentro da lata para preencher o espaço que há, ao retirar o lacre o ar entra dentro da lata e libera a tampa”.*

Outra parcela dos alunos relacionou o fato com a pressão, sendo que, em alguns casos, esta foi tratada como um ente material, com capacidade de entrar ou sair do recipiente:

*“Porque sai a pressão com a entrada do ar”.*

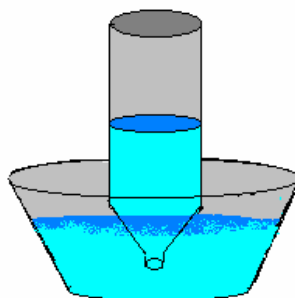
*“Porque quando arranco o lacre haverá a saída do ar e da pressão da lata”.*

*“Porque ao retirar o lacre a pressão que estava presa ela irá se soltar, então a tampa se abrirá”.*

*“Com a falta de oxigênio causa pressão e a tampa não sai ao retirar a película em cima da tampa, ao ar entrar a tampa será retirada facilmente”.*

Uma outra situação experimental foi apresentada aos mesmos alunos, com o uso de uma garrafa plástica e uma bacia, ambas contendo água.

A garrafa plástica transparente cheia de água foi introduzida, como mostra a figura abaixo, em uma bacia contendo também um pouco de água. Os alunos puderam observar que a água da garrafa não desce quando esta é invertida com seu gargalo mergulhado na água do recipiente.



**Figura 08: Montagem experimental apresentada aos alunos.**

Este experimento foi elaborado com base nos estudos de Galileu, que observou que a “pressão atmosférica” equilibrava uma coluna de água num poço até o máximo de dez metros e trinta e três centímetros, idéia esta consolidada por Torricelli em 1643, uma vez que Galileu não relacionou o fato com a pressão do ar. Torricelli, a partir destas idéias, realizou o experimento com o mercúrio, cerca de quatorze vezes mais pesado que a água, a fim de construir uma coluna menor que aproximadamente dez metros. Após os alunos observarem a realização do experimento, a seguinte questão foi levantada:

“Por que a água não escoava da garrafa quando esta é invertida da maneira do experimento?”

A maior parte das concepções referiu-se à água da bacia como sendo o agente que faz com que a água da garrafa não escoasse, pois impedia a entrada de ar:

*“Porque a água da bacia não permite a entrada do ar dentro da garrafa”.*

*“Porque a água está bloqueando o ar”.*

*“Porque o volume de água de fora é maior que o de dentro da garrafa”.*

*“Porque o ar que está dentro fica preso e assim a água não cai, mas quando tira da água, o ar que está dentro sai assim a água cai”.*

Outros já usaram termos como “pressão”, mas de maneira confusa:

*“Porque a água da garrafa bate com a água da bacia e a pressão não deixa a água cair”.*

*“Porque pega pressão”.*

*“Porque a pressão de fora é menor que a de dentro impedindo a saída da água”.*

*“Porque o ar de dentro da garrafa não tem força para empurrar a água”.*

Além destas atividades, uma outra foi aplicada à mesma amostra utilizando-se um copo plástico. O professor retirava com a boca (sugava) o ar do interior do copo e este é então esmagado pelo efeito da pressão atmosférica. A seguinte questão é levantada aos alunos:

*“Por que o copo é amassado?”*

A concepção mais comum é a que relaciona o efeito ao “ato de sugar”, como indica abaixo o relato das principais idéias:

*“Porque o ar que estava dentro do copinho ele vai para dentro do corpo da gente e como a extremidade do copo está sem abertura não permite que ele retorne ao seu estado normal ficando totalmente murcho”.*

*“Porque você está aspirando o ar do interior do copo”.*

*“Porque estou sugando o ar contido no copo, fazendo uma força com o pulmão”.*

Alguns alunos relacionaram o fato ao material com que o copo é feito:

*“Porque você suga todo o ar de dentro dele, e principalmente pelo fato dele ser de plástico [...]”*

*“Em primeiro lugar ele amassa por ser de um material flexível, e em segundo pelo ar que o mantinha em sua forma normal ter sido retirado”.*

Alguns outros alunos já relacionaram o fato com a pressão:

*“Porque quando puxamos o ar de dentro criamos um vácuo e a pressão externa é maior que a de dentro”.*

*“Porque ele está puxando a pressão existente no copo”.*

*“Porque é de plástico e a pressão externa é maior que a interna”.*

Estes dados mostram, portanto, que as concepções dos alunos variam muito pouco em relação às pesquisas realizadas em outros países com outras amostras de estudantes. As mesmas dificuldades foram encontradas, tais como as relações confusas entre gravidade e

pressão levantadas na pesquisa de RUGGIERO *et al.* (1985); a idéia de pressão como algo “material”, apontada por SERÉ (1982), dentre outras.

## **ANEXO II: Origens e Evolução Histórica do conceito de pressão atmosférica**

### **II.1 O conceito de vazio**

Um conhecimento das leis, princípios e comportamento dos fluidos que interessou especialmente aos povos antigos foi o que hoje é chamado de “hidráulica”, que tanto os ajudou em suas obras de irrigação, de drenagem de pântanos, construção de aquedutos e fontes ornamentais entre outros. Atribuiu-se, por exemplo, já no século III a.C., vários inventos como órgãos hidráulicos, bombas aspirantes e impelentes a Ctesibio.

A origem do conceito de pressão atmosférica está portanto, intimamente ligada ao estudo da hidráulica e do comportamento dos fluidos de maneira geral, sendo que o desenvolvimento dos principais elementos da estática dos fluidos datam já da época dos gregos. Aristóteles (séc. IV a.C.) por exemplo, já pensava em conceitos como o de vazio (vácuo). Para ele, não se podia, na natureza, conceber um espaço vazio, ou seja, “a natureza tem horror ao vácuo” (BASSALO, 1996, p.97). Ele apresenta quase sempre seus argumentos em relação a fenômenos que se tornariam impossíveis ou incompreensíveis na ausência do ar. Segundo MASON (1984), para Aristóteles,

*“os corpos homogêneos só podiam pôr-se em movimento à mercê de motores externos, constando de um motor e aquele que era movido. Assim, os corpos homogêneos, como uma pedra lançada por uma catapulta, nunca se moviam livremente. Quando a pedra abandonava a catapulta, mantinha-se em movimento graças ao ar (que era considerado na Antigüidade e na Idade Média como espírito, e não como matéria, pela maior parte dos filósofos da época) que se precipitava por detrás dela para evitar a formação de um vazio” (MASON, 1984, p.50).*

Segundo Aristóteles, não podia existir um vazio, já que o espaço havia de estar cheio de matéria para transmitir efeitos físicos por contato, ou seja, ele defende a idéia do “plenum”; porém “Leucipo, Demócrito, Epícuro e mais tarde, Lucrecio, o considerava como necessário para a realização de todo movimento, pois se não houvesse vazio entre os átomos, estes não poderiam se mover” (SCHURMANN, 1945b, p.476).

Neste período, as opiniões sobre a existência ou não do vazio estavam bastante divididas. Platão, por exemplo, “acreditava na possibilidade da existência de um vazio, porém afirmava que, na natureza, só poderiam existir em pequeníssimos espaços que separavam as partículas últimas dos corpos. Considerava que, não podendo existir o vazio, mais além da atmosfera, os espaços celestes estão ocupados por um ar mais tênue: o éter.” (SCHURMANN, 1945a). O éter era considerado um elemento da matéria. Para Newton por exemplo, era considerado um fluido elástico de viscosidade quase nula; para Young, um fluido que atravessa os corpos como “um vento que atravessa as árvores” (SCHURMANN, 1945a, p.155).

Segundo MARTINS (1989, p.11), “Platão tenta ainda explicar alguns fenômenos como a respiração, o uso de ventosas, a sucção de líquidos ao beber, sendo que em todos os casos, ele interpreta a aparente *atração* como um *empurrar* em direção a um local onde tenderia a surgir um espaço vazio.”

Epícuro (341 a.C. – 270 a.C.) defendeu também a existência do vazio como é possível observar em um trecho de uma carta sua a Heródoto:

*“Há vazio, pois se não houvesse, no espaço e na extensão, não tenderiam os corpos em ficar onde estão, nem onde moverem-se, como é claro que se movem”* (SCHURMANN, 1945a, p.43).

Sextus Empiricus também defende a existência do vácuo como mostra um trecho de seu livro “Contra os lógicos”, quando relata sobre o movimento:

*“[...] pois se o vazio não existisse, o movimento também não deveria existir, pois o móvel não teria um lugar por onde passar, se todas as coisas estivessem cheias e compactas”* (MARTINS, 1989, p.11).



Segundo MARTINS (1989, p.11), “Empócledeles em oposição a Aristóteles, foi defensor da existência do vazio, quando afirma que

*“se não existisse aquilo que chamamos de vazio ou espaço ou natureza intangível, os corpos não teriam onde estar nem através do que se mover, como se vê que eles se movem,”*

mas para Aristóteles não é preciso aceitar a existência de espaços vazios para haja deslocamentos, pois os corpos podem trocar mutuamente de lugar, como parece ocorrer quando um peixe nada na água:

*“O peixe passa a ocupar um local onde havia água; aquela água se desloca e o local onde o peixe estava é ocupado por água”*

e ainda refuta dizendo o contrário:

*“nenhuma coisa pode se mover se existe um vácuo [...] No vácuo as coisas devem estar paradas; pois não há um lugar para onde as coisas possam se mover, mais ou menos do que para outro; pois o vácuo, sendo vazio, não possui diferenças”*  
(MARTINS, 1989, p.14).

Apesar de todo poder de argumentação de Aristóteles, outros depois dele continuaram a defender a existência do vazio. Um deles foi Lucrecio, que até aponta um modo de produzi-lo, segundo o qual

*“se dois corpos achatados e grandes, como duas placas de mármore, estão em contato e são bruscamente separadas, será impossível que o ar penetre instantaneamente até o ponto central das placas; portanto, haverá (pelo menos durante algum tempo) um vácuo entre as placas”* (*De Renum Natura*, livro I, 386-397 *apud* MARTINS, 1989, p.16).

Mas na Antigüidade nenhum outro filósofo defendeu mais claramente a existência do vazio, segundo MARTINS (1989), do que Heron de Alexandria. Ele alega que

*“existe vazio entre as partículas de ar, uma vez que elas não se encaixam e encostam em todos os pontos, assim como os grãos de areia de uma praia. Portanto, quando alguma força lhe é aplicada, o ar se comprime e, contrariamente à sua natureza, cai em espaços vazios pela pressão exercida sobre suas partículas. De modo semelhante, se pela aplicação de força as partículas do ar são separadas e é produzido um vácuo maior do que o natural, as partículas se reúnem posteriormente (quando a força deixa de atuar), pois os corpos se movem rapidamente através do vácuo, quando nada os repele ou obstrui, até estabelecerem o contato”* (MARTINS, 1989, p.17).

Ele também tenta explicar como uma garrafa pode permanecer presa aos lábios de uma pessoa quando o ar é retirado de seu interior:

*“O recipiente ficará suspenso nos lábios e o vácuo puxará a carne para si, a fim de que o espaço vazio possa ser preenchido [...], que é muito semelhante à operação de ventosas quando aplicadas ao corpo, que só não caem, mesmo se forem de peso considerável, mas até mesmo puxam a matéria contígua para elas, através das aberturas do corpo”* (MARTINS, 1989, p.17).

Este conceito aparece também na Idade Média com Avicena, seguidor das idéias de Aristóteles do “horror ao vácuo”, quando explica que

*“a ventosa dos barbeiros puxa a pele para dentro dela porque ela puxa o ar ao aspirá-lo e, porque, o ar não pode se separar da pele, a menos que entre no espaço uma outra coisa”* (MARTINS,1989),

defendendo portanto, a não existência do vazio. Jean Buridan, no século XIV, também explicou que o vácuo não podia ser formado demonstrando, através do exemplo de uma pessoa bebendo vinho utilizando um canudo:

*“Sugando o ar do canudo, atrai-se o vinho para cima, embora ele não seja pesado. Isso acontece porque é necessário que algum corpo sempre venha logo depois do ar que é sugado para cima, para evitar a formação de um vácuo”* (MARTINS, 1989, p.19).

Este é um forte argumento, uma vez que na época não se pensava que o líquido pudesse ser empurrado pela pressão atmosférica.

“Vários experimentos foram feitos com o intuito de se provar a inexistência do vazio, sendo um deles realizado na Idade Média por Nicholas, usando uma clepsidra, que é formada por um recipiente oco, com perfurações na parte inferior, e uma abertura na parte superior. O experimento consistia em encher a clepsidra com água mantendo a abertura superior tapada com um dedo. A água não descia na experiência em questão, sendo a explicação dada em termos de “evitar um vácuo, pois caso a água saísse um vazio seria criado” (MARTINS, 1989, p.20).

Na Idade Renascentista outros experimentos foram realizado por Marsilius de Inghen, que “consistia em resfriar um recipiente totalmente cheio com água, no intuito de congelá-la. Acreditava-se que a água ao congelar-se diminuiria seu volume formando um espaço vazio no recipiente. Por outro lado, alguns opositores do vácuo afirmavam que o recipiente quebraria se a água se congelasse; ou que a água não se solidificaria, para evitar o surgimento de um espaço vazio" (SCHMITT, 1966 *apud* MARTINS, 1989, p.21).

Um dos maiores representantes da oposição à existência do vazio no século XVII foi Descartes. Ele não reconhece a possibilidade de se formar um vácuo, porque segundo ele

*“não se pode delimitar um espaço que não tenha matéria, pois só o fato de atribuir-lhe extensão já é considerado como matéria, e a ausência de gás, líquido e sólido não é o vazio, senão a matéria”* (SCHURMANN, 1945b, p.261).

Bacon também no mesmo século, parece aceitar a idéia do “horror ao vácuo”, ao citar o que

*“ o movimento de conexão pelo qual os corpos não permitem ser separados em ponto nenhum do contato, deliciando-se, por assim dizer, no mútuo contato e conexão, é o que as escolas chamam de movimento para prevenir o vácuo. Ocorre quando a água é puxada por sucção ou por uma seringa, a carne por ventosas, ou quando a água permanece sem escapar por jarras perfuradas, a menos que a boca seja aberta para deixar o ar entrar, assim como inúmeros exemplos de natureza semelhante”* (BACON, *Novum Organum*, livro II, p. 180 *apud* MARTINS, 1989, p. 22).

No início do século XVII, já havia cientistas que pensavam sobre o peso do ar e a pressão atmosférica. Segundo MARTINS (1989), foi Isaak Beeckman, um holandês, que em 1614 escreve uma pré-noção do que seria depois chamada “pressão atmosférica”. Ele não se baseou em nenhum fato novo, mas somente aplicou ao ar aquilo que se conhecia sobre os líquidos:

*“[...] ocorre que o ar, do mesmo modo que a água, pressiona as coisas e as comprime de acordo com a altura do ar acima. Mas algumas coisas permanecem imperturbadas e não se movem porque são igualmente comprimidas por todos os lados pelo ar sobre elas, assim como nossos mergulhadores são comprimidos pela água”* (MARTINS, 1989, p.24).

## **II.2 O problema da elevação de água pelas bombas aspirantes**

Por volta de 1630, ocorre na Itália um acontecimento que teve grande repercussão no meio. Trata-se do problema das bombas aspirantes, que as impossibilitavam de elevar água acima de um certo limite de altura, ou seja, a água de um poço não se elevava mais de 18 braças, isto é, 10,33 metros. Acima desta altura, a bomba é impossibilitada de aspirá-la (BASSALO, 1996).

O problema da água só subir até uma certa altura também ocorria nas minas que existiam espalhadas pela Europa nesta época. “Durante os séculos XVI e XVII, essas minas foram drenadas principalmente com o emprego do cavalo-força fornecido pelos moinhos de vento e de água, que nem sempre eram seguros e além disso dependiam de local apropriado, que só ocasionalmente coincidia com a localização de uma mina” (MASON, 1964).

Portanto, um dos fatores preponderantes para o desenvolvimento do conceito de pressão atmosférica, foi o progresso da “arte de bombear”, que se iniciou por volta de 1600. O desenvolvimento desta arte prática influenciou decisivamente na evolução científica. Segundo CONANT (1947, p.50), “na Inglaterra e em quase toda a Europa, dispunha-se de uma variedade de máquinas engenhosas para movimentar o ar e a água. O fole produzia ar artificial para inúmeros fins, particularmente para os órgãos, e para avivar os fogos usados na metalurgia. A água era transportada para fora das minas para os serviços de água de cidades e aldeias por bombas de força do tipo de um pistão simples, gigantescas seringas por assim dizer, e por bombas de elevação”.

O episódio do poço é relatado em detalhes no livro “Discorsi” de Galileu de 1638; como pode ser observado em um trecho a seguir:

*“[...] Vi uma vez um poço que estava provido de uma bomba [...] que tinha seu aspirador e válvula na parte superior, de modo que a água era erguida por atração e não por um empurrão em sua parte superior. Esta bomba funcionava perfeitamente enquanto a água do poço estava acima de um certo nível; mas abaixo desse nível a bomba já não funcionava. Quando notei pela primeira vez o fenômeno, pensei que a máquina estava desarranjada; mas o artesão que chamei para repará-la contou-me que o defeito não estava na bomba, mas na água, que tinha descido tanto que não podia ser erguida a tal altura; e adicionou que não era possível, por uma bomba ou qualquer outra máquina que funcionasse com o princípio de atração, elevar a água um fio de cabelo acima de dezoito cúbitos (cerca de dez metros); fosse a bomba grande ou pequena: esse é o limite extremo do bombeamento” (GALILEU, Discorsi, p.36 apud MARTINS, 1989, p.33).*

Até então a explicação baseava-se na concepção aristotélica que

*“a água segue o êmbolo de uma bomba aspiradora como se a ela aderisse, porque a natureza tem horror ao vácuo: se a água não se agarrava ao êmbolo, era porque se criava, entre eles, um espaço vazio, o que a natureza não pode tolerar”* (ROUSSEAU, 1968, p.144).

Segundo MARTINS (1989), Solomon de Caus, engenheiro, já havia descrito o fenômeno em 1615 (e provavelmente já era bem conhecido antes, pela prática). No entanto, sua explicação era bem diferente:

*“Quando se tenta aspirar água a uma altura superior a seu limite (cerca de dez metros), ela pára de subir e o ar acima dela fica cada vez mais rarefeito”*<sup>10</sup> (MARTINS, 1989, p.27).

O fenômeno do borbulhamento já havia sido observado, mas interpretado de outra forma: como não se sabia que a água podia ferver à temperatura ambiente, imaginou-se que as bolhas formadas eram de ar; e esse ar estava, na verdade, vindo de fora (da atmosfera) e atravessando a água, atraído pela bomba de sucção (MARTINS, 1989). Solomon de Caus imaginou que essa entrada de ar através da água fosse a causa que impedisse a bomba de funcionar além de certo limite.

Segundo CONANT (1947), Galileu aceitava a idéia aristotélica de resistência do vácuo, porém um “horror vacui” modificado, como explicação da causa das bombas só conseguirem elevar água até dez metros e trinta e três centímetros. Nos “Discorsi e Dimostrazioni Matematiche” (1638), Galileu escreve que,

*“como no caso de um fio de cobre suspenso, há um comprimento em que seu próprio peso o rompe, devendo dar-se o mesmo com a coluna de água elevada pela bomba”* CONANT (1947, p.54).

---

<sup>10</sup> Com a redução da pressão acima da água, ela começa a ferver, despreendendo vapor de água a baixa temperatura.

O esquema conceitual implicado pela frase, “a natureza tem horror ao vácuo”, não era absolutamente a idéia absurda que é nos dias atuais. Até de certa maneira e, logicamente limitada, ela explicava adequadamente um certo número de fenômenos, como por exemplo, a ação das bombas de elevação, a adesão de um pedaço de mármore molhado a outro, a impossibilidade de se fazer um “buraco” num líquido etc (CONANT, 1947).

Galileu apresentou em seu livro “Discorsi”, um relato sobre as causas da coesão interna dos corpos e sua resistência à ruptura, assim como um levantamento de questões do “horror ao vácuo” como uma das causas da coesão, como é mostrado em um fragmento de sua obra:

*“A coerência destes corpos é, em minha estimativa, produzida por outras causas que podem ser agrupadas sob duas categorias. Uma é aquela muito falada repugnância que a natureza exhibe em relação ao vácuo; mas este horror ao vácuo não sendo suficiente, é necessário introduzir outra causa, na forma de uma cola ou substância viscosa que prende firmemente juntas as partes componentes de um corpo. Primeiramente falarei do vácuo, demonstrando por experiências definidas a qualidade e quantidade de sua força. Se você toma duas placas lisas e altamente polidas de mármore, metal ou vidro, e as coloca face a face, elas deslizarão uma sobre a outra com a maior facilidade, mostrando conclusivamente que nada existe de natureza viscosa entre elas. Mas quando tentar separá-las distanciando-as rapidamente [...] você descobrirá que as placas exibem tal repugnância pela separação, que a superior carrega a inferior consigo e a mantém erguida indefinidamente, mesmo quando a inferior é grande e pesada.*

*Este experimento mostra a aversão da natureza pelo espaço vazio, mesmo durante o breve momento exigido para que o ar exterior corra e preencha a região entre as duas placas. Também se observa que, se as duas placas não são completamente polidas, seu contato é imperfeito, de modo que, quando se tenta separá-las lentamente, a única resistência oferecida é a do peso; se, no entanto, o puxão é rápido, a placa inferior sobe, mas rapidamente cai, tendo seguido apenas o intervalo de tempo muito curto exigido para a expansão da pequena*

*quantidade de ar entre as placas, em conseqüência de seu não ajuste, e para a entrada de ar circundante. Esta resistêcia que é exibida entre as duas placas está sem dúvida presente também entre as placas de um sólido e entra, pelo menos em parte, como uma causa concomitante de sua coerência” (GALILEU, *Discorsi*, p.34 apud MARTINS, 1989, p.30).*

Isso mostra que Galileu admitia a existência de uma certa resistêcia à formação do vácuo; mas supunha que essa resistêcia era finita, mensurável; e que portanto, o vácuo podia ser formado por uma força finita. Seu livro estimulou a realização de outros experimentos sobre o vácuo, como por exemplo, o realizado por Gasparo Berti por volta de 1641, sendo esta a situação experimental que precedeu a experiência de Torricelli (MARTINS, 1989).

A montagem, segundo MARTINS (1989), era constituída por um grande tubo de chumbo que foi colocado do lado de fora de sua casa, como mostra abaixo uma gravura da época:

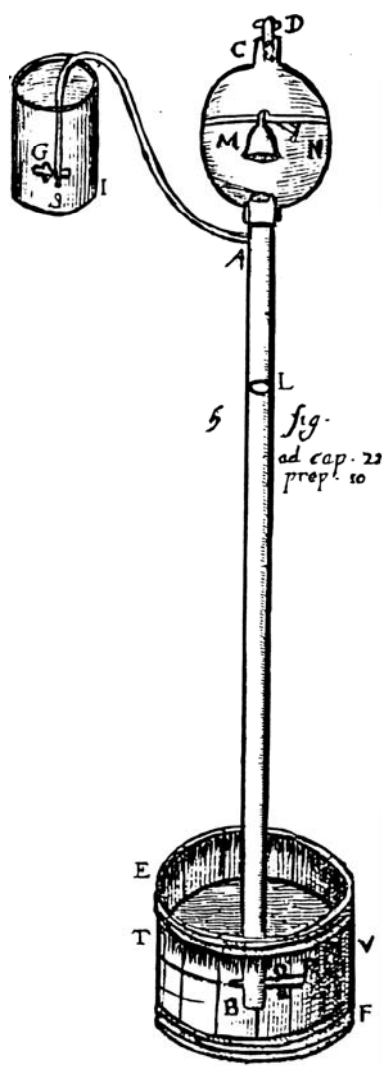


**Figura 09: Gravura da montagem realizada por Gasparo Berti por volta de 1641 defronte sua casa.**

(Fonte: [www.imss.fi.it/vuoto/eberti.html](http://www.imss.fi.it/vuoto/eberti.html), 07/07/2000)



A montagem foi feita utilizando-se como relatado acima, um tubo de chumbo (AB)<sup>11</sup> bastante longo, que foi colocado defronte à casa. A parte superior do tubo ficou em frente a uma das janelas e a outra próxima ao solo, sendo que em sua base, foi encaixada uma torneira de latão (R). O tubo estava dentro de um tonel (EF) completamente cheio de água. Em sua parte superior, foi adaptado um recipiente de vidro com formato de um frasco, que continha um orifício (C) o qual foi lacrado por um parafuso de latão (D).



**Figura 10:** Montagem realizada por Berti para realização de experiências com o vácuo.

(Fonte: MARTINS, 1989, p.34)

<sup>11</sup> Ver esquema na figura 02.

O aparelho, depois de devidamente posicionado, foi totalmente preenchido por água utilizando-se a abertura superior (C) do tubo. Quando a torneira (R) na base foi aberta, a água, contrária à vontade de muitos, fluiu para o tonel, porém uma parcela ficou presa no tubo até a altura (L). Quando o parafuso (D) foi retirado, o ar pôde entrar, fazendo com que toda a água do tubo escoasse.

Em uma outra circunstância, um outro recipiente menor (HI) foi adaptado ao tubo maior através de um cano (AS), provido de uma torneira (G) em sua extremidade. A experiência foi novamente realizada, e a água, como se sabia, desceu pelo tubo até a altura (L). Em seguida, a torneira (G) foi aberta e a água do recipiente (HI) foi “sugada” para espaço suposto vazio, acima da marca (L), sendo que somente uma pequena bolha ainda restou no alto do tubo maior. Muito foi discutido a fim de saber se a pequena bolha era ou não um espaço vazio. Muitos acreditavam que o ar havia atravessado as paredes do recipiente para preenchê-la, ou então que este espaço estava repleto de vapor de água.

Em outra situação experimental, um sino (MN) foi adaptado na parte superior interna do tubo, a fim de se testar a hipótese desse espaço estar ou não um vazio. Já se sabia na época que o som não podia se propagar em um espaço vazio. Na realização do experimento, o badalo do pequeno sino foi atraído por um ímã e depois solto. O som pôde ser ouvido, porém acreditava-se que isto era devido às vibrações se propagarem do sino para o vidro e não através do vácuo (MARTINS, 1989).

### **II.3 Torricelli, Pascal e a consolidação do conceito de pressão atmosférica**

Há evidências de que, na época, Evangelista Torricelli ficou sabendo do experimento de Berti através de uma carta de Magiotti a Mersenne, datada de 25 de maio de 1648, que descreve o experimento. Este mesmo teria escrito uma outra carta a Torricelli, sugerindo a realização do experimento com água do mar. Dessas várias tentativas pode ter surgido a idéia da utilização do mercúrio (MARTINS, 1989).

Torricelli, jovem de trinta e cinco anos em 1643, e Viviani, de vinte e um, tentaram portanto, algumas experiências com o mercúrio, cerca de quatorze vezes mais pesado que a água. No caso de a idéia que estavam planejando ser correta, a pressão do ar que envolvia a Terra seria capaz de equilibrar uma coluna de mercúrio de 1/14 da altura da coluna de água,

ou seja, um pouco mais de dois pés (76 cm). Esta então seria uma coluna de mais fácil manejo.

*Segundo MARTINS (1989), mesmo o experimento de Torricelli sendo uma adaptação em relação ao de Berti, “o mais importante de tudo, é que Torricelli defendeu a interpretação moderna: a de que esses efeitos são produzidos pela pressão atmosférica”; apesar de a idéia do uso do mercúrio ao invés de água já ter sido cogitada antes mesmo até por Galileu, como indica um trecho de seu livro “Discorsi”:*

*“[...] E acredito que o mesmo resultado ocorreria em outros líquidos, tais como o mercúrio, vinho, óleo etc, nos quais a ruptura ocorrerá a uma altura menor ou maior do que 18 cúbitos, de acordo e inversamente com a maior ou menor gravidade específica desses líquidos em relação à da água; sempre medindo essas alturas perpendicularmente” (apud MIDDLETON, 1963, p.17).*

A experiência de Torricelli, segundo CONANT (1947), descreve que com o uso de um tubo de vidro de mais ou menos um dedo de largura e de aproximadamente três pés de comprimento, Torricelli e Viviani taparam-no numa das extremidades, encheram-no completamente de mercúrio e, tapando a extremidade aberta com um dos dedos, inverteram-no em um outro recipiente aberto cheio de mercúrio. O raciocínio de Torricelli ao realizar tal experimento pode ser observado através de um trecho de uma carta sua dirigida a Ricci, de 11 de junho de 1644, em que escreve:

*“[...] Embora o mercúrio se sustentava, sendo pesadíssimo, essa força que dirige o mercúrio contra a sua natureza de cair para baixo, conforme se acreditou até agora, fosse interna ao tubo, ou ao vácuo, ou a essa matéria extremamente rarefeita; mas eu mantenho que é externa e que a força vem de fora [...] Também a água em um vaso semelhante, mas muito mais longo, subirá até quase dezoito braças, isto é, tanto mais em relação ao mercúrio, quanto o mercúrio é mais pesado do que a água, para equilibrar-se com a mesma causa que empurra um e outro”(MARTINS, 1989, p.158).*

Foi portanto, devido à experiência de Torricelli, que a pressão atmosférica pôde ser medida pela primeira vez. Em sua experiência, verificou-se então que o nível de mercúrio no tubo descia, deixando no alto um espaço aparentemente vazio, enquanto a altura da coluna de mercúrio se estabilizava em torno de 76 cm. Torricelli, para explicar este resultado, dizia que o mercúrio se deslocava devido ao peso do ar que pressionava o mercúrio na cuba. “Coube então a ele o título de ser a primeira pessoa a produzir um vácuo, que mais tarde veio a receber o nome de *vácuo torricelliano*” (BASSALO, 1996, p.97).

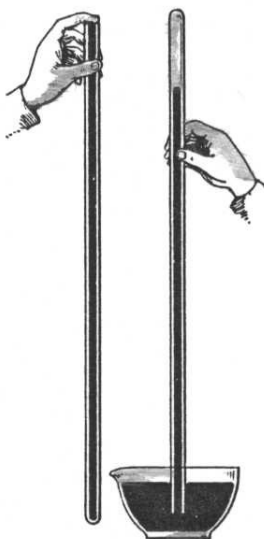


**Figura 11: Experiência realizada por Torricelli, em 1643, utilizando o mercúrio.**

(Fonte: [www.imss.fi.it/vuoto/torricelli.html](http://www.imss.fi.it/vuoto/torricelli.html), 07/07/2000)

Apesar disto, em 1631, Descartes já havia apresentado à Academia de Ciências uma carta na qual recusava por completo o “horror ao vácuo” e, atribuía à pressão do ar atmosférico, a suspensão da coluna de mercúrio no tubo fechado em sua extremidade superior.

Apesar dos experimentos serem muito parecidos, Descartes não faz nenhuma referência ao vazio superior do tubo, mas acredita-se que ele tenha usado um tubo muito curto, entendendo que o mercúrio deveria deter-se a certo nível (sem expressar qual seria a extensão do tubo), mas afirmou que “não se deve crer que é impossível separar o mercúrio do fundo do tubo”, ainda que, para chegar a isso, “necessita-se de uma força igual ao peso do ar que se encontra desde aqui até mais além das nuvens” (SCHURMANN, 1945a, p.168).



**Figura 12: Experiência de Torricelli: equilíbrio da pressão do ar com uma coluna de mercúrio e formação do ‘vácuo torricelliano’.**

(Fonte: CONANT, 1947, p.58)

A experiência de Torricelli impressionou bastante, tanto que os partidários do “horror ao vazio” se mobilizaram para salvar as idéias de Aristóteles. Era preciso uma experiência crucial para apoiar a do físico italiano.

Apesar de seu feito ter tido grande repercussão, a hipótese da pressão atmosférica e a convicção de que esta era a causa do fenômeno observado não eram admitidas pelos estudiosos. “A afirmação de Aristóteles que o vácuo não existe e que a natureza tem horror a ele persistiram até o século XVII, e só foi derrubada com evidências experimentais irrefutáveis” (COELHO e NUNES, 1992, p.16).

Em 1644, Torricelli havia relatado sua experiência ao seu amigo Ricci, que a transmitiu para Mersenne e este, a Petit, que repetiu o experimento em Rouen, em 1646, na companhia do pai de Pascal, na presença do jovem Blaise Pascal.

Pascal foi um jovem que nasceu sob o reinado de Luis XIII, em junho de 1623 na província francesa de Clermont. O jovem dedicado à Matemática e à Física, aos inventos práticos e aos pensamentos filosóficos, não era porém considerado um sábio como os outros. Excitado pelo experimento de Torricelli, Pascal realiza vários outros, do final de 1646 até meados de 1647 (MARTINS, 1989).

Em outubro de 1646, segundo BASSALO (1996), Pascal repetiu a experiência de Torricelli, em Rouen, em companhia do engenheiro e geógrafo francês Pierre Petit, amigo de seu pai, que o visitara. Em outubro de 1647, ele publicou o livro “Expériences Nouvelles Touchant le Vide” (Novas experiências relativas ao vácuo), no qual relatou uma série de experiências realizadas, algumas delas com o seu cunhado Florin, com o objetivo de reobter o vácuo torricelliano mas, desta vez, com o uso de outros tipos de líquidos além do mercúrio, tais como: água, vinho, óleo e ar (este considerado como um líquido, conforme opinião corrente na época).

Ao refazer a experiência com vários líquidos, Pascal demonstrou que a hipótese de Pierius estava errada. “Pierius era um aristotélico que em 1643 afirmou que o espaço vazio encontrado por Torricelli no alto de seu tubo não era um vazio, e sim preenchido por vapores de mercúrio. Já em 1660, o jesuíta Franciscus Linus elaborou a sua hipótese de que, acima da coluna de mercúrio do tubo de Torricelli, ao invés do vácuo, existia uma membrana invisível, o “funículo”, que era responsável pela adesão do mercúrio às paredes do tubo” (BASSALO, 1996, p.97).

No mesmo mês de outubro de 1647, segundo MARTINS (1989), o padre Mersenne publica sua obra “Cogitata physico-mathematica” (Reflexões físico-matemáticas), em que surge uma nova medida para a densidade do ar e a explicação do experimento de Torricelli para o peso da atmosfera, sendo essa a primeira publicação de uma proposta a um experimento que será realizada posteriormente no monte Puy-de-Dôme, onde ele escreve:

*“Se o cilindro de ar é a causa da vazão contido no tubo, ou da suspensão do mercúrio, ao qual equilibra, parece que esse cilindro de ar será mais curto e, portanto, que o cilindro de mercúrio será de menor altura quando observado no alto de uma torre ou de uma montanha” (MERSENNE apud DUHEM, 1906, p.814).*

Pascal imaginou vários experimentos para demonstrar que a pressão atmosférica diminui com a altura. Um deles consistia em fechar uma bexiga com um fio e em seguida subir com ela ao alto de uma torre. Observava-se que a bexiga inflava consideravelmente pelo desequilíbrio entre a pressão atmosférica do ar interior, que equivalia à diferença entre a pressão atmosférica ao nível do solo e a altura da torre (SCHURMANN, 1945).

Segundo BASSALO (1996, p.98), “no dia 19 de setembro de 1648, por sugestão de Pascal, Florin e Périer realizaram então uma experiência no monte Puy-de-Dôme, próxima de Clermont Ferrand (cidade onde nascera e vivia). Neste experimento observaram que havia uma diferença de mais de oito centímetros nos níveis indicados pelos tubos torricellianos (construídos pelo próprio Pascal), colocados ao pé e no alto daquele monte. Esse resultado, confirmou a suspeita de Pascal sobre a variação da pressão atmosférica com a altura”.

A seguir é apresentado um trecho da carta de Périer a Pascal, relatando o experimento:

*“[...] Primeiramente despejei em um recipiente dezesseis libras de mercúrio, que eu havia retificado durante os três dias precedentes; e tendo tomado dois tubos de vidro de grossuras semelhantes, e cada um com comprimento de quatro pés, selados hermeticamente em uma das extremidades e abertos na outra, fiz, em cada um deles, a experiência ordinária do vazio nesse mesmo recipiente e, tendo aproximado e reunido os dois tubos um contra o outro, sem tirá-los para fora de seu recipiente, observou-se que o mercúrio que havia permanecido em cada um deles estava no mesmo nível e que havia em cada um deles, acima da superfície do vaso, 26 polegadas e 3,5 linhas. Refiz a mesma experiência nesse mesmo lugar, com os dois mesmos tubos, com o mesmo mercúrio e no mesmo recipiente duas outras vezes, encontrando-se sempre que o mercúrio dos dois tubos ficava no mesmo nível e à mesma altura que na primeira vez.*

*Isso feito, deixei na residência um desses dois tubos em seu recipiente em uma experiência contínua. Marquei no vidro a altura do mercúrio e, tendo deixado esse tubo no mesmo lugar, solicitei ao reverendo padre Chastin, um dos religiosos da casa, homem tão piedoso quanto capaz e que raciocina muito bem nesses assuntos, de ter o trabalho de aí observar, de momento em momento, durante todo o dia, se ocorria alguma mudança. E com o outro tubo e uma parte desse mesmo mercúrio, fui, com todos esses senhores, fazer as mesmas experiências no alto do Puy-de-Dôme, que está a quinhentas toesas (cerca de mil metros) aproximadamente acima do Mínimos, onde se encontrou que não restava mais no tubo senão a altura*

*de 23 polegadas e 2 linhas de mercúrio, ao invés que nos Mínimos havia-se encontrado, nesse mesmo tubo, a altura de 26 polegadas e 3,5 linhas; e, assim, entre as alturas do mercúrio dessas duas experiências, existe uma diferença de 3 polegadas e 1,5 linha: o que nos maravilhou com admiração e espanto e nos surpreendeu de tal forma que, para nos satisfazermos totalmente, quisemos repetí-la. É por isso que eu a fiz ainda cinco outras vezes muito exatamente, em diferentes lugares do topo da montanha, tanto em lugar coberto dentro de uma pequena capela que lá existe, quanto ao descoberto, tanto no abrigo do vento, quanto ao vento, tanto no bom tempo quanto durante a chuva e a neblina que nos envolviam às vezes, tendo em cada vez expurgado o ar do tubo; sempre se encontrou a mesma altura do mercúrio de 23 polegadas e 2 linhas, que são 3 polegadas 1,5 linha de diferença em relação a 26 polegadas e 3,5 linhas que haviam sido encontradas nos Mínimos. Isso nos satisfez plenamente.*

*Depois, descendo a montanha, refiz no caminho a mesma experiência, sempre com o mesmo tubo, o mesmo mercúrio e o mesmo vaso, em um lugar chamado “A fonte da árvore”, bastante acima dos Mínimos, mas bastante abaixo do cume da montanha; e lá encontrei que a altura do mercúrio que permanecia no tubo era de 25 polegadas. Eu a refiz uma segunda vez nesse mesmo lugar e o acima citado senhor Mosnier, teve a curiosidade de fazê-la ele mesmo: ele a fez portanto nesse mesmo lugar e encontrou-se sempre a mesma altura de 25 polegadas, que é menos do que aquilo que se encontrou nos Mínimos por 1 polegada e 3,5 linhas e maior do que aquela que tínhamos acabado de encontrar no alto do Puy-de-Dôme, de 1 polegada 10,5 linhas. O que aumentou bastante nossa satisfação, vendo a altura do mercúrio diminuir de acordo com a altura dos lugares” (MARTINS, 1989, p.103).*



Essa experiência, segundo SCHURMANN (1945), foi determinante na obtenção de algumas conclusões, como por exemplo a maneira de saber se dois pontos estão no mesmo nível em relação ao nível do mar.

Pascal, chegando então à conclusão de que o peso do ar não é o mesmo a distintas alturas e que a coluna de mercúrio varia com a pressão, derruba a teoria do “horror ao vácuo”, atribuindo então, à pressão atmosférica os efeitos observados, ou seja, a variação da altura da coluna de mercúrio com a altitude: “On ne saurait dire que la nature abhorre le vide aud pied de le montagne plus que sur son sommet”. (Não se poderia dizer que a natureza detesta mais o vácuo ao pé de uma montanha do que em seu cume) (COELHO e NUNES, 1992, p.25).

Em outubro de 1648, Pascal publicou o tratado intitulado “Récit de la Grande Experiéce de l’Équilibre des Liquers” (Relato da Grande Experiência do Equilíbrio dos Líquidos), no qual apresentou a experiência que realizou na Torre de Saint Jacques em Paris, a qual confirmou a hipótese de ser o peso do ar a causa das distintas alturas atingidas pelos líquidos nos aparelhos por ele utilizado, ou seja, que a pressão atmosférica variava com a altura.

De 1645 até 1649, Pascal trabalhou no sentido de ordenar de maneira lógica e sistematizada os resultados obtidos por ele e por outros cientistas, relacionados com os líquidos e o “vácuo torricelliano”. Assim, preparou três tratados: “Traité de l’Équilibre des Liquers” (Tratado do Equilíbrio dos Líquidos), “Traité de la Pesanteur de la Masse de l’Air” (Tratado do Peso da Massa de Ar), e o incompleto “Traité du Vide” (Tratado do Vácuo). Nesses trabalhos, Pascal ressaltou alguns resultados obtidos de suas experiências: - “Os líquidos pesam segundo sua altura” e “todos os efeitos outrora atribuídos ao horror ao vácuo, nada mais são do que casos particulares da regra geral do equilíbrio dos líquidos”. Também nesses livros, apresentou o Princípio de Pascal (obtido em 1647): “a pressão exercida sobre os fluidos é transmitida com progressiva diminuição, por todas as partes do mesmo e atua normalmente sobre as superfícies”. Esse princípio permitiu-lhe demonstrar um outro também conhecido, o Princípio da Prensa Hidráulica, onde

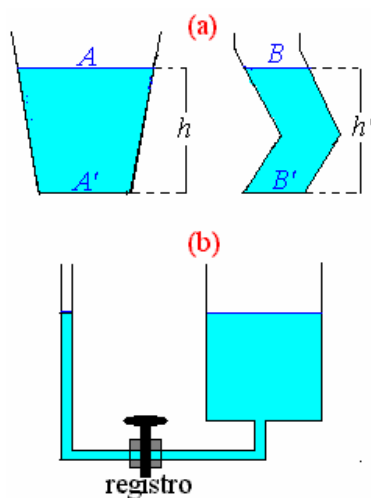
*“se os vasos comunicantes são fechados por pistões e estes são carregados com pesos proporcionais às suas áreas, o equilíbrio será conseguido porque, devido à*

*invariabilidade do volume do líquido, os deslocamentos provocados pelos pistões são inversamente proporcionais aos seus carregamentos”* (BASSALO, 1996, p.98).

Segundo MARTINS (1989), o trabalho de Pascal, inspirado no trabalho de Torricelli em 1644, foi uma importante contribuição para a derrubada da concepção aristotélica sobre a impossibilidade do vácuo. Mesmo após esses trabalhos, houve autores que continuaram a manter as antigas idéias, adicionando-lhe eventualmente novas hipóteses protetoras. No entanto, pode-se dizer que o trabalho de Pascal marcou um considerável avanço em relação ao de Torricelli e que ele conseguiu, com clareza, expor seus argumentos a favor do vácuo e da pressão atmosférica.

No entanto, segundo CONANT (1957), Torricelli e nem Pascal teriam sido capazes de formular idéias tão claras a respeito desses fenômenos se eles não tivessem se baseado em escritos anteriores sobre a pressão dos líquidos. Estes conhecimentos de Hidrostática e seus enunciados e princípios remetem-se a Arquimedes. Através de escritos anteriores datados do século XVI, e em particular a Simon Stevin (1548 – 1620), Torricelli e muitos outros contemporâneos seus puderam familiarizar-se com conceitos como o de “pressão” (que é força por unidade de área em uma superfície), e o de “equilíbrio”.

Eles puderam obter várias informações importantes, tais como, a de que a pressão no fundo de um vaso, cheio de um líquido qualquer, depende somente da altura da coluna de líquido neste vaso e não de sua forma ou volume. Nestes tratados antigos, os autores já imaginavam que ligando um registro que une dois vasos, um contendo água e o outro aberto para o ar, o líquido fluirá de um para outro, sendo que depois de algum tempo a altura nos dois será a mesma, e o sistema entrará em equilíbrio.



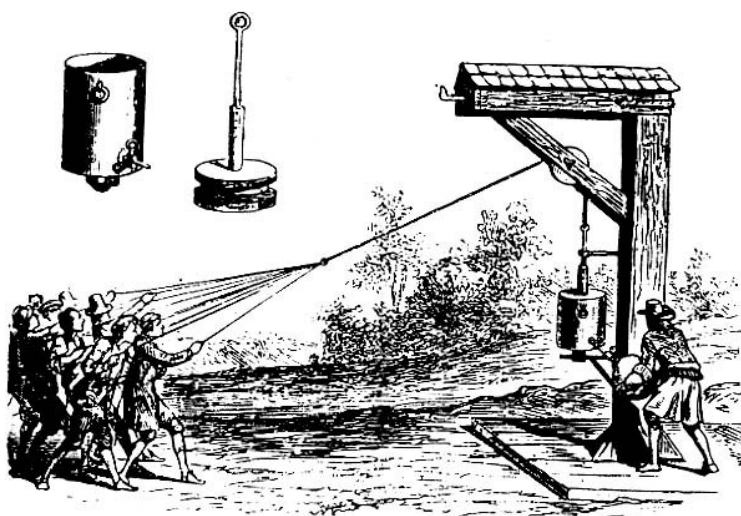
**Figura 13: Diagrama que ilustra o Princípio da Hidrostática conhecido por Torricelli e seus contemporâneos: (a) em um recipiente com líquido, a pressão (força por unidade de área) em um dado ponto depende da profundidade abaixo da superfície; se o líquido em A e B são os mesmos e homogêneos, as pressões em A' e B' são as mesmas se  $h = h'$ ; (b) em equilíbrio, os níveis do líquido nos vasos conectados são os mesmos, independente da forma do vaso.**

(Fonte: CONANT, 1957, p.07)

Munidos desses conceitos de Hidrostática, Torricelli e depois Pascal, formularam então suas idéias sobre o “oceano de ar” que rodeia a Terra. Deste modo eles puderam responder algumas de suas dúvidas (CONANT, 1957).

#### **II.4 Guericke, Boyle e as bombas de vácuo**

Em 1650, o filósofo, físico e engenheiro alemão Otto von Guericke (1602 - 1686) iniciou suas experiências no sentido de reobter o vácuo torricelliano. Várias máquinas foram criadas para se obter novamente o vazio. A primeira foi em 1632, de onde se tentou retirar a água de um barril de madeira com o intuito de se obter um espaço vazio. O experimento não obteve sucesso uma vez que o ar penetrou no barril devido à porosidade da madeira (SCHURMANN, 1945a).



**Figura 14: Modelo da primeira bomba de Guericke de 1632.**

(Fonte: SCHURMANN, 1945a, p.185)

Numa outra tentativa, Guericke colocou um barril menor dentro de um maior, e deste modo foi possível obter um vácuo parcial no barril interno; posteriormente, obteve resultados ainda melhores, quando utilizou uma esfera de cobre. Prosseguindo em seus estudos, Guericke conseguiu construir uma bomba de vácuo que o auxiliou em várias experiências. Nestas, ele verificou, por exemplo, que no vácuo, uma vela não se mantém acesa, os animais não sobrevivem etc. Mas a maior e mais conhecida experiência, Guericke realizou em 1654, conhecida como os “Hemisférios de Magdeburg” (SCHURMANN, 1945a). Um recipiente com um êmbolo de couro foi fixado a um balão de vidro: estava construída a primeira máquina pneumática. Com isto, Otto von Guericke, ao ar livre perante a Dieta de Ratisbona e do Imperador Fernando II, em posse de dois hemisférios de cobre ocos (de quatorze de diâmetro), podendo ser colados um no outro com o uso de gordura, de modo a formar uma esfera completa e hermeticamente fechada, realizou com auxílio de sua máquina pneumática, sua experiência. Segundo (ROUSSEAU, 1968, p.146), as palavras do próprio Guericke na ocasião foram as seguintes:

*“ - Vejam, meus senhores, estes dois hemisférios formam uma bola, mas como há ar dentro e fora, a pressão interior e a pressão exterior contrabalançam-se, e nada me custa a separar a esfera em dois. Pelo contrário, se faço vácuo no interior...”*

e com o intermédio de duas parselhas de oito cavalos não foi possível separar os dois hemisférios. Fazendo com que o ar voltasse ao interior da esfera, ela se abriu espontaneamente. Esta experiência teve uma grande repercussão. Convém ressaltar que Guericke até então, não tinha conhecimento da experiência realizada por Torricelli.



**Figura 15:** Gravura de 1672, mostrando a experiência dos hemisférios de Magdeburg de 1654. O uso de dezesseis cavalos fez a experiência mais dramática, mas a mesma força seria exercida por oito cavalos puxando de um lado somente, em oposição ao outro fixado em uma árvore, por exemplo.

(Fonte: LAGEMANN, 1963, p. 216)

As experiências de Guericke sobre o vácuo foram publicadas no livro intitulado “*Otonis de Guericke Experimenta Nova (ut vocantur) Magdurgica de Vacio Spatio*”.

Segundo SCHURMANN (1945a), Leibniz ainda chegou ao ponto de, como Descartes, negar a existência de um vazio absoluto. Ele chega a contestar a experiência de Guericke em seu discurso:

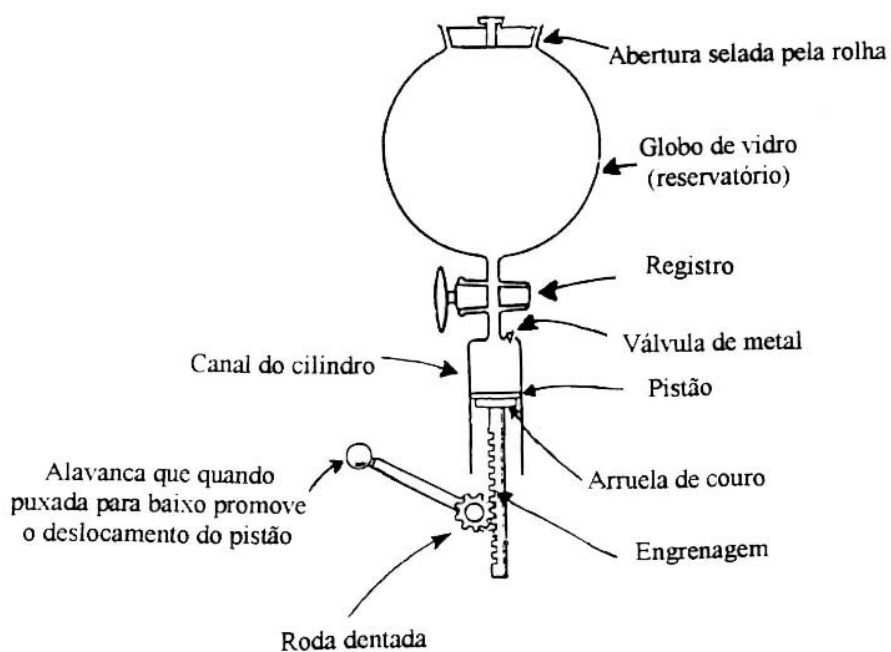
“- *Oponho-me ao vazio inventado por Guericke de Magdeburgo, que se faz bombeando o ar de um recipiente [...] Os peripatéticos e os cartesianos, que não admitem o verdadeiro vazio, contestaram a este experimento de Guericke tanto quanto ao de Torricelli de Florência, que não produzem nenhum vazio, já que o*

*vidro têm poros pequenos pelos quais os raios de luz, os de um ímã e outros materiais mais finos podem passar. Eu sou da mesma opinião [...]*” (SCHURMANN, 1945a, p.225).

As experiências de Otto von Guericke foram também realizadas por outros cientistas, como por exemplo Robert Boyle e Robert Hooke, que fizeram vários experimentos com bombas pneumáticas. Segundo CONANT (1957), Boyle foi um dos cientistas que mais contribuíram de maneira significativa para o desenvolvimento da ciência. Com sua improvisada bomba de ar, foi possível explicar um campo de estudo equivalente em outros dias como o tubo de raio-X do século XIX ou o cíclotron do século XX.

Boyle teve contato com estes experimentos em 1650 através da publicação do Tratado de Pascal sobre a Hidrostática e a Pneumática. Ele também conheceu a bomba de ar construída por Guericke e tinha ouvido de Florentine o método de realizar experimentos num vácuo (CONANT, 1957). Segundo o mesmo autor, Boyle construiu ao total três bombas de ar para ‘produzir’ vácuo, ou “máquinas pneumáticas”, como ele as denominava, que, se comparadas com a de Guericke, foram muito mais eficientes para a realização de experimentos do gênero.

A primeira bomba de ar montada por Robert Boyle, segundo CONANT (1957), teve com o objetivo principal testar a idéia levantada por Torricelli, ou seja, a de que a coluna de mercúrio mantinha-se suspensa, equilibrada pelo peso do oceano de ar existente sobre o reservatório de mercúrio. Para isto ele montou sua máquina segundo o esquema abaixo:



**Figura 16: Diagrama do primeiro modelo da bomba pneumática construída por Boyle.**  
(Fonte: CONANT, 1957, p.17)



**Figura 17: Modelo da primeira bomba pneumática de Boyle juntamente com aparatos utilizados por ele na época.**

(Fonte: [www.imss.fi.it/vuoto/error3.html](http://www.imss.fi.it/vuoto/error3.html), 07/07/2000)

Boyle foi um cientista notável pela riqueza de detalhes em suas descrições. As suas idéias sobre os experimentos com sua bomba de ar pode ser observado em um relato seu apresentado abaixo:

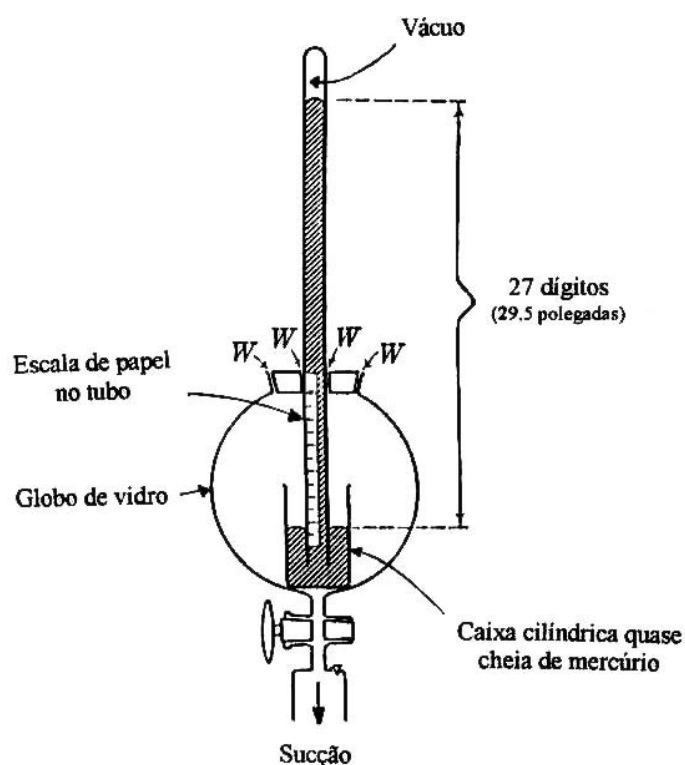
*“[...] agora para nós referenciar-mos aquele experimento, cuja prova satisfatória foi o principal resultado, eu mesmo prometo para nossa máquina, sendo então suficientemente conhecida, que no experimento do vácuo, o mercúrio no tubo não ficará elevado acima da superfície em que ele eleva-se, aproximadamente 27 dígitos (29,5 polegadas). Eu considere-i que, se é verdadeiro que o mercúrio não cai, que a altura do cilindro de mercúrio no tubo está em equilíbrio com o cilindro de ar suposto alcançar desde a adjacência do mercúrio até o topo da atmosfera (este é o esquema conceitual sugerido por Torricelli e elaborado por Pascal, que tem sido aceito desde sempre, lembrando o uso do conceito de equilíbrio); então se este experimento fosse tentado fora da atmosfera, o mercúrio no tubo cairia para um nível abaixo no vaso, pois lá não existiria pressão acima da subjacência para resistir ao peso do mercúrio incumbente. Desta forma eu concluí (como facilmente eu posso), que se o experimento fosse tentado em nossa máquina, o mercúrio cairia abaixo de 27 polegadas, na proporção da sucção do ar [...]. Então se nós pudéssemos conduzir nosso propósito, seria como tentar o experimento além da atmosfera” (CONANT, 1957, p.19).*

Boyle realiza então o experimento com sua bomba de ar, segundo sua descrição a seguir:

*“nós pegamos um longo cilindro de vidro soprado, com três polegadas de comprimento, e cujo furo tinha um diâmetro de  $\frac{1}{4}$  de polegada e a largura de um cabelo: este cano foi hermeticamente selado em uma extremidade e a outra preenchida com mercúrio, tomando-se o cuidado na hora de encher, para que não entrassem bolhas. Este tubo foi tapado com o dedo e depois invertido, sendo então aberto, de acordo com o modo do experimento, dentro de uma longa e fina caixa cilíndrica (de mesma forma) quase cheia de mercúrio: e então o metal líquido*



suportando seu peso, e uma peça de papel sendo colocada em um nível acima da superfície, a caixa e o tubo foram colocados cuidadosamente dentro do recipiente (através da abertura no topo): então, por meio do furo no envoltório, o tubo foi colocado acima do topo do recipiente, e o intervalo entre os lados do orifício e o tubo foi muito bem selado com cera fundida [...] E todas as coisas estando prontas, o êmbolo foi puxado para baixo, e imediatamente formou-se um cilindro de ar fora do recipiente e, o mercúrio no tubo de acordo com a expectativa, baixou: o acontecimento sendo atentamente anotado (por uma marca fixa em outro lugar), nós bombeamos novamente, e o mercúrio baixou na segunda sucção e, continuando este trabalho, nós fomos marcando os estágios feitos pelo mercúrio na descida [...] e, deste modo, contando o trabalho de bombear por  $\frac{1}{4}$  de hora, nós mesmos fomos capazes de conduzir o mercúrio do tubo para baixo” (CONANT, 1957, p.20).



**Figura 18:** Diagrama do aparato de Boyle para o experimento da remoção de ar acima do reservatório de mercúrio de um barômetro.

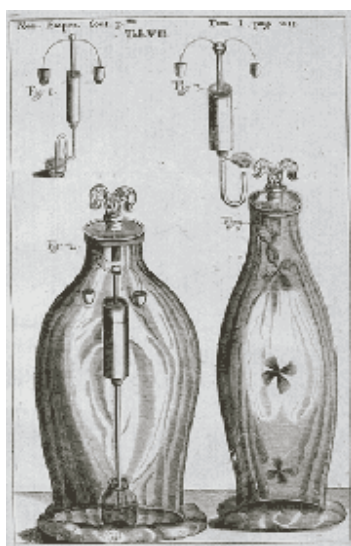
(Fonte: CONANT, 1957, p.21)

Boyle então, deixa novamente o ar entrar para verificar o efeito oposto, como relatado na situação abaixo:

*“[...] nós retornamos o registro, deixando um pouco de ar entrar novamente, e o mercúrio imediatamente tornou a subir no tubo (ou melhor, foi impelido para cima), e continuou subindo e, tendo fechado o registro, a altura imediatamente permaneceu a mesma” (CONANT, 1957, p.21).*

## II.5 Boyle: experimentos no vácuo e a matéria sutil

Boyle realizou vários experimentos no vácuo, indo além de sua simples obtenção; ele procurou verificar várias situações experimentais realizando-as nesses espaços desprovidos de matéria, que ele mesmo obtinha através de suas máquinas pneumáticas.



**Figura 19:** Algumas das montagens construídas por Boyle para realização de experimentos no vácuo.

(Fonte: [www.imss.fi.it/vuoto/efondo1.html](http://www.imss.fi.it/vuoto/efondo1.html); [www.imss.fi.it/vuoto/eesper5.html](http://www.imss.fi.it/vuoto/eesper5.html), 07/07/2000)

Alguns dos experimentos realizados por Boyle, consistia na tentativa de encontrar a matéria sutil, presente em todo espaço. Ele acreditava que, mesmo um espaço sendo totalmente destituído de matéria, algo ainda devia permanecer lá, pois podemos enxergar os

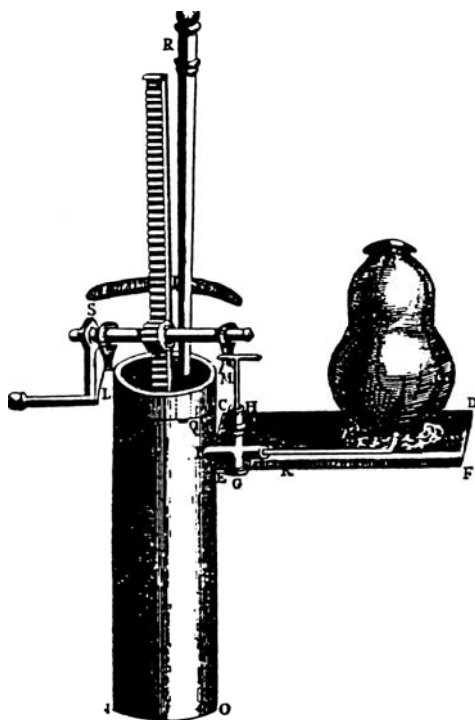
objetos dentro de um envoltório que esteja feito vácuo. A luz necessita, portanto, de um meio para poder propagar-se do objeto no vazio até atingir nossos olhos. Ele afirmou que:

*“Por um outro lado pareceu todavia que, a exaustão do ar do novo recipiente não o destituiu de todos os corpos, visto que alguma que ocupa espaço nele deve ser vista lá, o que não seria, se não fosse percebido por aqueles feixes de luz que emanam dos objetos vistos pelos nossos olhos e nos afeta os sentidos e, de modo idêntico, estes feixes de luz são emanações corpóreas de alguns corpos lúcidos, ou ao contrário, a luz deles é o resultado de um movimento rápido de alguma matéria sutil; eu poderia se não errar, suficientemente manifestar no diálogo acima mencionado [...] que a luz poderia ser transportada para fora, no mínimo, tendo (se eu posso então dizer) um corpo como veículo”* (CONANT, 1957, p.27).

Boyle faz uma comparação entre esta matéria sutil presente no vácuo com emanações terrestres devido ao campo magnético da Terra, apesar que estes corpúsculos sutis, que produzem efeitos luminosos ou mesmo magnéticos, serem completamente independentes das partículas que compõem o ar:

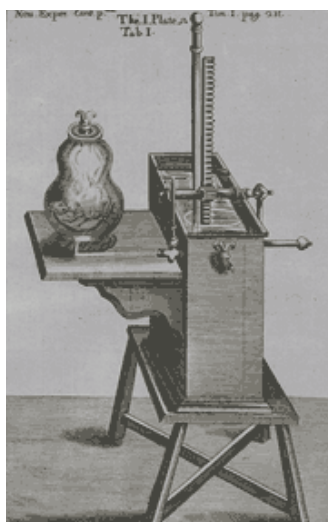
*“Mas por outro lado, deve ser dito que a matéria sutil que compõem os objetos fechados no recipiente evacuado, e o eflúvia magnético da Terra, que se presume passar através dele, nós admitiríamos nosso vaso não estar completamente destituído dele ainda que nós não possamos razoavelmente afirmar ser preenchido com ele, como nós supomos [...]”* (CONANT, 1957, p.32).

Boyle realizou ainda alguns experimentos relacionados com a propagação do som no ar. Para isto, ele utilizou-se da seguinte montagem:



**Figura 20 :** Estrutura da segunda bomba pneumática de Boyle: a chapa de metal CDEF sob o recipiente está selada e conectada através de um tubo AB com o recipiente da bomba de ar através da válvula HG; a estrutura da bomba não é indicada, mas foi essencialmente a mesma do primeiro modelo.

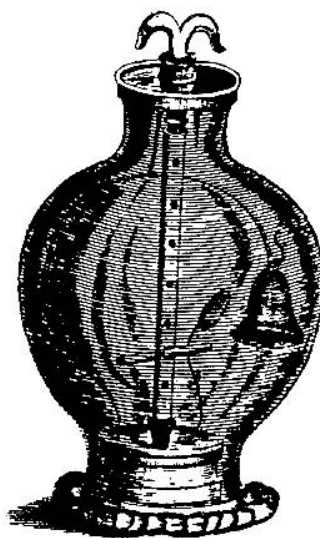
(Fonte: CONANT, 1957, p.33)



**Figura 21:** Segunda bomba pneumática montada por Boyle.

(Fonte: [www.imss.fi.it/vuoto/error4.html](http://www.imss.fi.it/vuoto/error4.html), 07/07/2000)

O aparato servia para que, trabalhando com a bomba, o ar fosse sugado do recipiente em forma de jarro, produzindo portanto um vácuo em seu interior. Dentro deste recipiente, Boyle colocou um pequeno sino pendurado em um arame curvo e, fixado através de um cilindro vertical próximo a esse sino, uma peça metálica (chamada por ele de martelo) na altura do sino. Por vez, este cilindro vertical foi conectado a uma chave giratória em sua extremidade superior, que ficava no lado externo do grande recipiente.



**Figura 22: Jarro contendo o cilindro vertical conectado à chave giratória, onde foi possível Boyle fazer um sino soar no vácuo.**

(Fonte: CONANT, 1957, p.35)

Segundo CONANT (1957), Boyle retirou o ar do recipiente e em seguida girando a chave em sua parte superior, esta fez com que o martelo também girasse até atingir o sino, fazendo-o soar. Ao realizar este procedimento, o som ainda pôde ser percebido em seu interior. Quando um pouco mais de ar pôde entrar no recipiente, a batida do martelo tornou-se mais audível, de modo que sua intensidade aumentava conforme mais ar era restituído ao recipiente. A dificuldade encontrada neste experimento foi o vazamento que ocorreu no recipiente, de modo que não se pôde realizar um vácuo perfeito.

Boyle realizou ainda uma série de três experimentos para comprovação da hipótese sobre a existência de um meio mais sutil que o ar: o éter. Segundo MARTINS (1989), esta idéia já esteve presente na Antigüidade com Platão.

Segundo CONANT (1957), Boyle acreditava que este fluido estava por todos os lugares e podia passar através de orifícios muito pequenos por onde o ar não conseguia atravessar. Apesar da série de três experimentos para comprovar sua existência, nenhum resultado favorável foi obtido.

Em seu experimento intitulado: “Sobre a tentativa de examinar o movimento e a sensibilidade da matéria Cartesiana sutil, ou éter, com um par de foles feitos de um balão, num recipiente vazio”, ele comentou sobre a questão da matéria sutil:

*“Eu não discutirei agora a controvérsia entre alguns dos modernos atomistas e os Cartesianos da forma em que eu penso, que entre a terra e as estrelas, e entre estas mesmas, existe uma vasta região do espaço que está vazia, exceto onde os feixes de luz passam, mas eu penso que o interior entre as estrelas e os planetas está perfeitamente preenchido por uma matéria mais sutil que nosso ar, que a chamam de celestial ou éter. Eu disse, engajado nesta controvérsia, que parece evidente que se aí está a matéria celestial, ela deve ser feita longe da grande parte do universo conhecida por nós [...]. Eu penso que o experimento deve ser muito bem cuidadoso, se nós pudermos por sensíveis experimentos descobrir alguma coisa sobre a existência, ou as qualidades deste vasto éter” (CONANT, 1957, p.39).*

Para a realização de seu primeiro experimento, segundo CONANT (1957), Boyle fez uma montagem utilizando um fole, o qual foi fixado dentro de um recipiente de vidro e em sua base fixado um grande suporte pesado para que todo o conjunto não se movimentasse. No interior do recipiente sobre a parte superior do fole, foi feita uma tampa de papelão com um furo<sup>12</sup>, e conectado a ele, foi colocado um pequeno cano de vidro e um grande objeto de chumbo, objeto este ligado a um fio. Este, por sua vez, foi unido a uma chave giratória localizada na extremidade superior externa do recipiente. Sobre a tampa do

---

<sup>12</sup> Detalhe da tampa à esquerda superior da figura.

fole, além do objeto metálico, foi encaixado próximo ao orifício do pequeno cano, uma pluma, como mostra o esquema abaixo:



**Figura 23: Montagem realizada por Boyle, usada na tentativa de encontrar um meio mais sutil que o ar.**

(Fonte: CONANT, 1957, p.42)

A idéia que Boyle teve ao projetar este experimento, segundo CONANT (1957), foi a de retirar o ar do interior do recipiente e, conseqüentemente, do fole aberto que estava em seu interior. Em seguida, quando a chave da parte superior do jarro foi girada, o objeto de chumbo que estava sobre o fole soltou-se, de modo que este foi rapidamente comprimido contra o fundo do recipiente de vidro. Se realmente houvesse esta tal matéria sutil, ao haver essa compressão, algo haveria de ser lançado para fora do fole fazendo a pena se agitar. O resultado obtido por Boyle após várias tentativas porém, não foi este. Não houve a produção de nenhum sopro sensível que suspendesse a pena.

Boyle imaginou também realizar este experimento com a saída do caninho sob a superfície da água, como mostrado no relato abaixo, não existindo porém evidências de que ele tenha realmente o realizado sobre estas circunstâncias.

*“Nós também pensamos em colocar o pequeno cano de vidro do fole abaixo da superfície da água sem ar em seu interior [...] Quando o recipiente foi*

*cuidadosamente exaurido, se algum corpo for expelido pelo cano, então deverá produzir bolhas no líquido em que o orifício foi imerso” (CONANT, 1957, p.41).*

Em seu segundo experimento, denominado “Sobre a outra tentativa de continuar a pesquisa proposta no experimento anterior”, Boyle, ao invés de usar foles, utilizou-se de uma seringa, afirmando ser um melhor meio de prosseguir na tentativa. Segundo CONANT (1957), a seringa foi montada utilizando-se um pequeno cano de vidro fixado a um recipiente cilíndrico maior. Na saída deste tubo foi colocado novamente uma pluma, como no experimento anterior. Na parte superior deste cilindro foi introduzido um “sugador” (êmbolo), de modo que deslizasse para cima e para baixo e, nele, foi fixado uma alavanca em forma de arco com dois pesos em suas extremidades, como mostra a figura abaixo:



**Figura 24: Seringa unida a uma pluma, usada por Boyle em seu novo experimento sobre o “meio sutil”. (Fonte: CONANT, 1957, p.44)**

A idéia de Boyle foi a de que utilizando-se do pistão, o ar seria puxado para dentro da seringa, e ao soltar o êmbolo, os pesos aí fixados fariam com que ele descesse expelindo o ar do interior do recipiente, de modo que a pena se agitasse. Esta seringa foi colocada dentro do mesmo recipiente usado no experimento anterior, e o suporte preso ao êmbolo foi fixado à chave giratória da parte superior externa deste recipiente, que foi totalmente esvaziado pela bomba de ar.



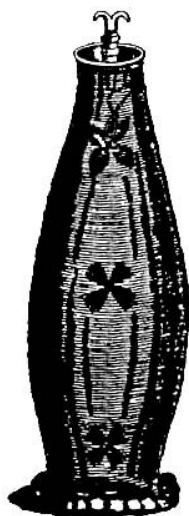
Segundo CONANT (1957), Boyle ao girar a chave do topo do recipiente, fez com que o êmbolo pesado soltasse o fole e, conseqüentemente, expelisse para fora através do pequeno cano da parte inferior, o que estava dentro da seringa.

Várias tentativas foram realizadas sem sucesso, ou seja, a pena não se elevou ao ser solto o êmbolo, como relatado por Boyle abaixo:

*“Depois de nós tentarmos várias vezes em vão elevar a pena, eu inseri algum ar dentro do recipiente, somente um pouco [...] e houve algum sensível movimento da pena; e quando a quantidade de ar tornou-se considerável, a pena tornou a se mover um pouco para cima, e deixando entrar mais e mais ar no recipiente, movendo o pistão para cima e para baixo em intervalos de tempo para admissão, nós tivemos a oportunidade de observar que, quando o recipiente tinha mais ar, a pena podia se mover rapidamente para cima”* (CONANT, 1957, p.45).

A terceira tentativa de Boyle foi denominada “Sobre a queda, em um recipiente vazio, de um corpo leve adaptado para ter um movimento variável visível por uma pequena resistência do ar.”

Para este experimento, segundo CONANT (1957), Boyle utilizou-se de um recipiente parecido com os anteriores, de onde o ar pudesse ser retirado de seu interior. Na parte externa da tampa deste recipiente, foi adaptada uma chave giratória e, em sua parte interna foi colocada uma pinça ligada a esta chave. Presa a esta pinça foi colocada uma pequena montagem feita com plumas em formato de cruz, como mostra a figura abaixo:



**Figura 25: Montagem realizada por Boyle para permitir que as plumas em formato de cruz caíssem no recipiente vazio.**

(Fonte: CONANT, 1957, p.47)

Quando a pinça foi aberta, as penas cruzadas no recipiente ainda com ar desceram girando. Porém, Boyle relata que:

*“[...] quando depois disto, as penas sendo colocadas como antes, nós repetimos a experiência bombeando o ar para fora de maneira cuidadosa, nenhum dos espectadores puderam perceber alguma coisa girando na descida”, (CONANT, 1957, p.47)*

ou seja, não havia realmente a presença de nenhuma outra matéria no interior do recipiente quando o ar fora totalmente bombeado para fora.

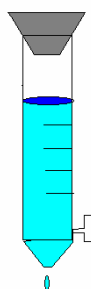
### **ANEXO III: QUESTIONÁRIO INICIAL**

---

Parte I: LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS DOS LICENCIANDOS SOBRE PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Observação: para efeito de consulta, o questionário abaixo apresentam as respostas para cada questão proposta.

*Atividade 01: “BURETA”*

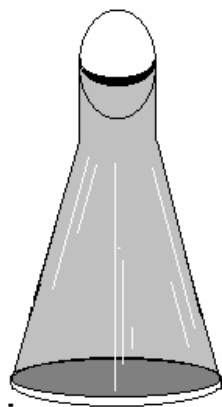


Uma bureta é levantada com a torneira aberta e o líquido flui livremente pela torneira. Quando uma rolha é inserida no alto da bureta, um pouco mais de líquido flui até que pare por completo. Pense sobre esta situação cuidadosamente. Por que você acha que o líquido pára de fluir quando a rolha é inserida?

Quando a rolha é inserida na parte superior da bureta, uma certa quantidade de ar permanece presa no espaço entre a rolha e a água. Enquanto a água escoar, este espaço aumenta, porém, não há entrada de ar para repor o ‘espaço livre’. Desse modo, o ar ali presente fica menos compacto, o que equivale a dizer que sua pressão diminui. O lado externo da bureta, inclusive a abertura inferior, está aberto à atmosfera e, portanto, sujeito a um ar mais compacto, ou seja, sob uma pressão maior.

A tendência é a igualdade dessas ‘concentrações de ar’, ou seja, um equilíbrio entre as pressões. O ar externo, deste modo, tende a entrar na bureta pela abertura inferior, uma vez que a superior está fechada, fazendo com a água não caia [pressão externa maior, empurra o líquido para dentro da bureta].

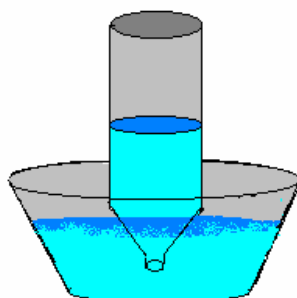
*Atividade 02: “OVO NA GARRAFA”*



Um ovo cozido é colocado na boca de um recipiente de vidro, sendo que ele fica firmemente ajustado sem cair para dentro do frasco. Em seguida, o ovo é retirado, e um pedaço de papel em chamas é colocado dentro do recipiente e deixado por alguns instantes. Em seguida, esse mesmo ovo é novamente recolocado na boca do recipiente, mas desta vez, ele acaba, em questão de segundos, caindo dentro do frasco. Como você explica isso?

O ovo se ajusta na boca do recipiente e não cai pelo fato do diâmetro do ovo ser maior do que o da abertura do frasco. Quando o papel em chamas é colocado dentro do recipiente, o ar interno é aquecido, se expande, e uma parte dele se desloca para fora (diminui a pressão interna baixa). Quando o fogo termina e o ar se resfria, volta a se concentrar, e mais ar (do exterior) tende a voltar para dentro do recipiente. Porém, como o ovo obstrui a abertura do frasco, na tentativa do ar entrar, acaba empurrado-o para dentro do recipiente [pressão externa maior, empurra o ovo para região interna de pressão menor].

*Atividade 03: "GARRAFA COM ÁGUA"*



Em uma garrafa perfeita e em uma bacia é colocado um pouco de água. Em seguida esta garrafa é colocada invertida dentro da bacia como mostra a figura acima. A água que está na garrafa não escoar para baixo para se juntar com a do outro recipiente; pelo contrário, ela permanece na garrafa. Como você explica isso?

Esta situação é análoga a da bureta. Quando a água da garrafa escoar, o espaço interno superior entre a água e o fundo da garrafa aumenta gradualmente e, conseqüentemente, a pequena quantidade de ar ali presente, fica menos concentrada (baixa pressão). O ar externo, que está mais concentrado (pressão maior), tende a entrar pela boca do recipiente, empurrando, deste modo, a água (da bacia) para dentro da garrafa, ou em outras palavras, impedindo que a água da garrafa escoar para fora [pressão externa mantém a coluna de água na garrafa].

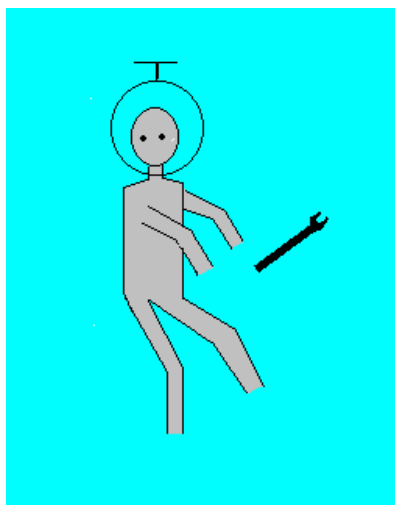
*Atividade 04: "QUESTÕES E SITUAÇÕES"*

Questão: Uma pedra é suspensa por um dinamômetro. A indicação do aparelho será a mesma quando ele estiver no alto de uma montanha ou no fundo de uma mina? Explique sua resposta.

O dinamômetro é um aparelho que tem como uma de suas partes fundamentais uma mola. Quando uma pedra é suspensa, esta mola é esticada pelo efeito da força de atração gravitacional da Terra. Esta força varia na proporção inversa à distância ao centro do astro. No alto de uma montanha, esta distância é maior, portanto haverá uma menor indicação do dinamômetro; porém, este efeito pode não ser perceptível à indicação do dinamômetro, se este for um aparelho 'grosseiro', impreciso.

Devido a esta mesma força, o ar também se mantém preso próximo à superfície da Terra (atmosfera), diminuindo a sua concentração (baixa pressão), conforme sua maior altitude. Portanto, no alto de uma montanha, a pressão do ar será menor do que no fundo de uma mina; todavia, este efeito não tem interferência direta na indicação do dinamômetro, uma vez que seu princípio de funcionamento é outro (força de atração gravitacional).

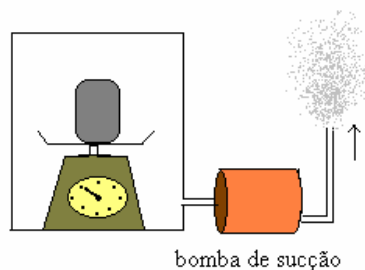
**Observe a situação abaixo:**



Questão: O que acontece com a chave inglesa quando o astronauta a abandona de sua mão estando ele na lua?

A chave cai em queda livre na superfície da lua, porém, mais vagarosamente do que na superfície da Terra, uma vez que a aceleração da gravidade lunar é menor do que a terrestre.

**Observe a situação abaixo:**

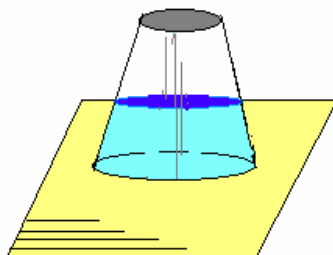


Ela nos mostra uma balança com uma pedra colocada em seu prato. Esta balança está dentro de um recipiente totalmente fechado, sendo que em seguida, através de uma bomba de vácuo, todo ar é retirado de dentro deste invólucro. O que acontece então com a indicação da balança quando o ar é retirado? E após todo o ar voltar para dentro do recipiente?

A indicação da balança se dá devido ao fato da pedra ‘empurrar’ o prato da balança para baixo, o que por sua vez é provocado pela força de atração gravitacional que a Terra exerce sobre a pedra. A possível variação dessa força na superfície da Terra se dá devido à variação da distância da balança ao centro do planeta.

Desse modo, a variação da quantidade de ar ao redor da balança não é um fator que interfere na força de atração gravitacional e, portanto, na indicação da balança. Ao ar ser retirado ou colocado no recipiente, a indicação permanecerá a mesma.

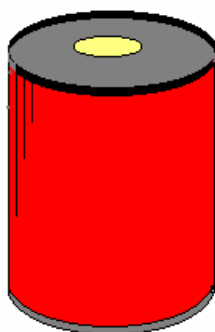
*Atividade 05: “COPO COM ÁGUA”*



Uma folha de papel sulfite é colocada sobre um copo perfeitamente cheio de água, sendo que esta folha fica perfeitamente aderida à borda do recipiente. Em seguida, inverte-se o copo como mostra a figura abaixo e nem água e papel caem. Como você explica isso?

Esta situação é análoga a da bureta. Como a concentração de ar no interior do copo é baixa (baixa pressão), o ar externo tende a entrar empurrando a folha de papel em direção ao copo [pressão externa maior sustenta o sistema.

*Atividade 06: “LATA DE EXTRATO DE TOMATE”*

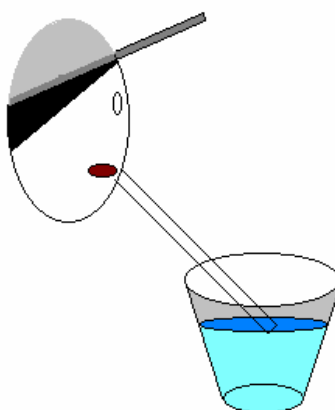




Atualmente é bastante comum o uso de embalagens “fechadas a vácuo”, como por exemplo, aquelas que contém extrato de tomate. Elas possuem, geralmente, um pequeno anel de borracha preso em sua tampa, sendo que só se consegue abrir facilmente o recipiente quando este anel é retirado. Como você explica isso?

Quando o extrato de tomate é acondicionado em embalagens deste tipo, retira-se o ar da lata, deixando só o produto em seu interior. Portanto, a pressão interna da lata é menor que a externa, uma vez que exteriormente a lata está sujeita a todo ar da atmosfera. O ar externo, desse modo, comprime a tampa ao tentar entrar na lata. Ao lacre ser retirado, o ar entra, a pressão interna se iguala à externa e a tampa se solta facilmente.

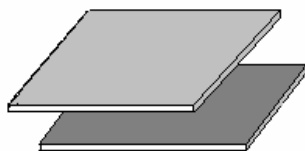
#### *Atividade 07: “CANUDINHO”*



A figura acima mostra uma pessoa bebendo um refresco através de um canudinho. Explique fisicamente por que o líquido sobe através do canudo neste processo.

Quando uma pessoa toma um refresco através de um canudinho, ao sugá-lo, antes do líquido subir por ele, o ar que estava em seu interior é aspirado, diminuindo sua concentração no interior do canudo, conseqüentemente, diminuindo a pressão. O ar externo (da atmosfera), cuja pressão é maior, tende a entrar pela outra extremidade do canudinho; porém, como esta está submersa no líquido, este é empurrado para dentro do canudo.

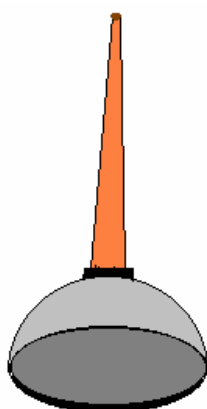
*Atividade 08: “PLACAS DE VIDRO”*



Quando duas placas de vidro, perfeitamente lisas, são molhadas e colocadas uma sobre a outra, elas ficam grudadas entre si. Como você explica este fato?

Quando as placas são molhadas, a água ocupa quase todos os pequenos espaços entre elas, onde antes havia ar. Desse modo, a pressão no interior das placas fica menor do que a do lado externo, uma vez que todo o ar da atmosfera as circunda. Sendo assim, a pressão externa atua empurrando uma placa contra a outra, mantendo-as unidas.

*Atividade 09: “DESENTUPIDOR”*



A figura acima mostra um desentupidor como o que a maioria das pessoas têm em casa. Quando você o comprime contra uma parede lisa, por exemplo, o desentupidor se mantém preso a ela. Por que isto ocorre?

Ao comprimir o desentupidor contra uma superfície lisa, uma certa quantidade de ar sai de seu interior. Quando a borracha do utensílio tende a voltar em seu formato normal, o ar externo fica impossibilitado de entrar, uma vez que a borracha está firmemente aderida à superfície lisa.

O ar interno, deste modo, fica menos concentrado (baixa pressão) e o externo tende a entrar, comprimindo a borracha do desentupidor contra a superfície [pressão externa maior que a interna, comprime o utensílio].

## Parte II: CONCEPÇÕES SOBRE A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Tempo de magistério .....

1- Experiência profissional

Tempo de magistério na disciplina de Física .....

2- Você usa a História da Ciência como subsídio para suas aulas?

Sim, com frequência.

Sim, ocasionalmente.       Não, ainda não tive oportunidade.

Em caso afirmativo, descreva brevemente a forma como você vem trabalhando.

Em caso negativo, explique o porquê dessa opção.

3- De acordo com o que você já leu ou estudou, por que razão a História da Ciência vêm sendo considerada importante para o Ensino de Física e outras disciplinas científicas?

4- Explique (em linhas gerais) em que consiste o trabalho de um cientista.

5- Quais são os motivos que levam um cientista a pesquisar um determinado assunto?

- 6- De onde vem o dinheiro para que o cientista possa realizar suas pesquisas?
- 7- Os cientistas sempre dependem do trabalho de outros cientistas para poder realizar grandes descobertas?  
( ) Sim. ( ) Não.  
Explique sua resposta.
- 8- Na sua opinião, por que os cientistas realizam experimentos?
- 9- As teorias científicas atuais poderão ser questionadas ou substituídas por outras?  
Explique.
- 10- Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura.  
Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as teorias científicas.  
Outras acham que os cientistas inventam as teorias.  
Qual a sua opinião sobre esse assunto?

#### **ANEXO IV: QUESTIONÁRIO FINAL**

---

u n e s p



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**Campus Universitário de Bauru**

**Faculdade de Ciências**

**Departamento de Educação**

CURSO: Licenciatura em Física

DEPARTAMENTO: Educação

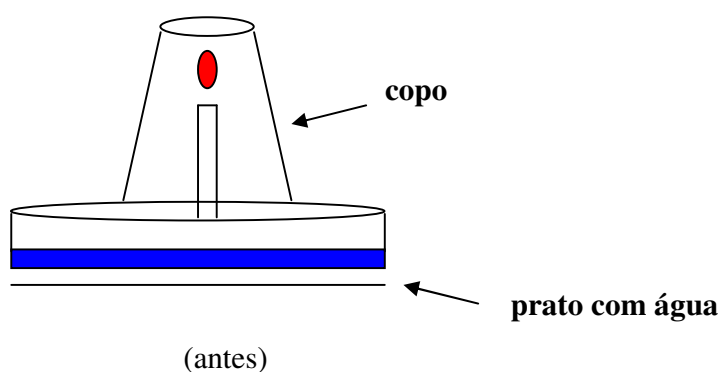
DISCIPLINA: Práticas de Ensino de Física VI e VII

AVALIAÇÃO PARCIAL - 05/01/2001

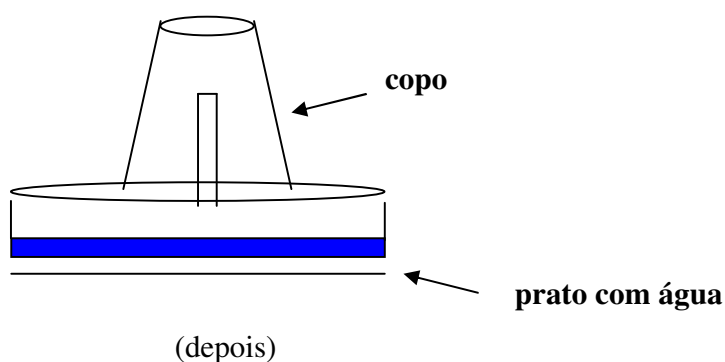
OBS: Esta avaliação é de caráter individual; as questões deverão ser respondidas, portanto, sem consulta aos colegas e a quaisquer apontamentos.

### PARTE I

Questão Ia: Dispondo-se de uma vela, um copo e um prato, realiza-se o seguinte experimento: fixa-se primeiramente a vela em posição vertical dentro do prato, acrescentando-se em seguida um pouco de água ao mesmo. Acende-se a vela e, posteriormente, utilizando-se do copo como envoltório, encerra-se a vela como indicado na figura abaixo:



A vela em seguida apaga-se. A água do prato “sobe” um pouco para dentro do copo, como indicado na figura abaixo:

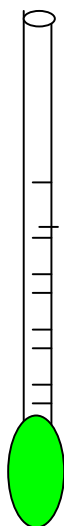


Como você explica isso?

*O ar quando aquecido pela vela, e conseqüentemente preso dentro do copo, expande-se, diminui sua pressão. O ar externo, que está sujeito à atmosfera e, portanto, a*

*uma pressão maior do que a do interior do copo, tende a entrar no recipiente. Como o mesmo está inserido num prato com água, o ar externo a empurra para dentro do copo.*

Questão Ib: Uma bexiga, contendo um líquido colorido, é presa à extremidade de um longo tubo graduado de vidro.



A parte do tubo em que a bexiga está presa, foi colocada dentro de um tanque contendo água, em duas diferentes situações: a) a uma profundidade de 10 cm outra a 80 cm. (a extremidade superior do tubo, que é aberta, foi sempre mantida fora da água). O que poderá ocorrer nas duas situações? Explique sua resposta.

*Do mesmo modo como estamos sujeitos a todo 'peso' da atmosfera sobre nós, e que este efeito tende a diminuir quanto maior for nossa altitude em relação ao nível do mar (menor concentração de ar), o mesmo efeito ocorre quando estamos submersos em água. Além do 'peso' da atmosfera, quanto mais profundo estivermos, mais 'peso' da coluna de água acima estaremos sujeito.*

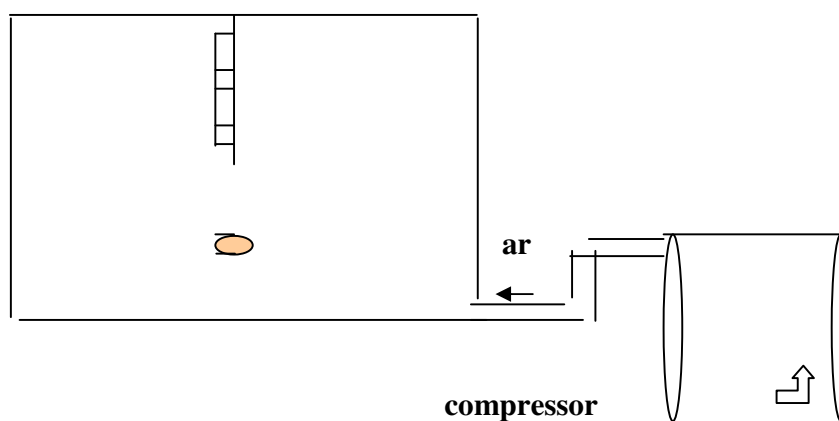
*Assim sendo, quanto mais profundo colocarmos a bexiga, mais ela será comprimida pela pressão da água, e mais o líquido colorido subirá pelo tubo.*

Questão Ic: Considere uma bexiga com uma certa quantidade de ar presa em seu interior.

Esta bexiga é colocada em uma nave espacial e rapidamente é levada à superfície da Lua. Algum efeito poderá ser observado na bexiga? Explique sua resposta.

*Sim. Devido a baixa concentração de ar na superfície lunar (baixa pressão), o ar interno da bexiga tende a expandir, uma vez que está sob uma pressão maior. Deste modo, a bexiga estourará.*

Questão Id: Uma pedra é presa a um dinamômetro e este é pendurado no interior de uma caixa de vidro totalmente vedada. A indicação do aparelho é de 0,8N. Com o uso de um compressor, injeta-se uma grande quantidade de ar no interior dessa caixa.



O que ocorrerá na indicação do dinamômetro?

*Do mesmo modo que uma pedra é pesada numa balança no vácuo não sofre nenhum efeito direto sobre sua massa, o mesmo deverá ocorrer quando ela for colocada no dinamômetro num espaço onde o ar está mais concentrado (alta pressão). Assim sendo, nada ocorrerá com o dinamômetro.*

Questão Ie: Uma lata de extrato de tomate “fechada a vácuo” é colocada dentro de um balde com água e, em seguida, o lacre de sua tampa (borrachinha) é retirado. A tampa se abrirá neste caso? Explique sua resposta.

*Sim, se abrirá. Quando a lata de extrato de tomate é aberta no ar, é ele que entra no recipiente, equilibrando as pressões internas e externas. Neste caso, como o recipiente está submerso em água, será ela quem entrará pelo orifício do lacre.*

## PARTE II

**Questão IIa:** De acordo com o que você já leu ou estudou, por que razão a História da Ciência vem sendo considerada importante para o Ensino de Física e outras disciplinas científicas?

**Questão IIb:** Explique (em linhas gerais) em que consiste o trabalho de um cientista.

**Questão IIc:** Quais são os motivos que levam um cientista a pesquisar um determinado assunto?

**Questão IId:** De onde vem o dinheiro para que o cientista possa realizar suas pesquisas?

**Questão IIE:** Os cientistas sempre dependem do trabalho de outros cientistas para poderem realizar grandes descobertas?

Sim.

Não.

Explique sua resposta.

**Questão IIIf:** Na sua opinião, por que os cientistas realizam experimentos?

**Questão IIg:** As teorias científicas atuais poderão ser questionadas e substituídas por outras? Explique.

**Questão IIh:** Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas *descobrem* as teorias científicas. Outras acham que os cientistas as *inventam*. Qual a sua opinião sobre esse assunto?



**Questão III:** Alguns fenômenos são difíceis de serem ensinados aos alunos do Ensino Médio, por causa das concepções prévias que eles já têm. Um exemplo dessas situações é aquela onde uma pessoa bebe um refrigerante, por exemplo, utilizando-se de um canudinho.

- Nesse caso, qual é o erro conceitual mais comum que os alunos apresentam ao explicar o fato?
- Por volta de 1630 na Itália, percebeu-se que a água dos poços não podia ser retirada com o auxílio de bombas do tipo sucção, pois ela elevava a água apenas até uma certa altura. Explique por quê.
- Na tentativa de explicar a situação do canudo, você poderia estabelecer uma relação entre a explicação do episódio do poço com a do canudinho? Em caso afirmativo, justifique a possível conexão entre os fatos; caso contrário, explique por que a situação do poço não serve como parâmetro.

### PARTE III

Após a experiência adquirida neste semestre através do planejamento, execução e análise de aulas elaboradas sobre o conceito de “pressão atmosférica”, **descreva detalhadamente** a seqüência de todos os procedimentos que você utilizaria para o planejamento e execução de uma aula sobre este tema a alunos de primeira série do Ensino Médio.

### ANEXO V: ROTEIRO DA ENTREVISTA FINAL

---

1) Você gostaria de trabalhar como docente?

2) Durante o curso você mudou suas idéias sobre ensino?...ou... O que é “ensinar” para você?

3) Como a disciplina de Prática de Ensino influenciou suas idéias?

4) Quais são as principais dificuldades que você sentiria hoje se fosse lecionar para alunos de Ensino Médio?

5) Você hoje conhece mais sobre pressão atmosférica do que conhecia antes? Caso afirmativo, o que o fez melhorar no conhecimento do assunto?

6) Através da aula organizada sobre pressão, você é capaz de planejar e aplicar outras aulas sobre outros assuntos?