

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

TESE DE DOUTORADO

**ANÁLISE DE UMA AÇÃO DIDÁTICA CENTRADA NA UTILIZAÇÃO
DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A
FORMAÇÃO INICIAL DO DOCENTE DE FÍSICA**

Sandra Regina Teodoro Gatti

Orientador: Prof. Dr. Dirceu da Silva

**Campinas
2005**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TESE DE DOUTORADO

Título: Análise de uma ação didática centrada na utilização da História da Ciência: uma contribuição para a formação inicial do docente de Física.

Autor: Sandra Regina Teodoro Gatti

Orientador: Prof. Dr. Dirceu da Silva

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Sandra Regina Teodoro Gatti e aprovada pela _____ Comissão Julgadora.
Data: ____/____/____

Assinatura: (orientador) _____

Comissão Julgadora:

2005

**Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca
da Faculdade de Educação/UNICAMP**

G229a	Gatti, Sandra Regina Teodoro Gatti Análise de uma ação didática centrada na utilização da história da ciência / Sandra Regina Teodoro Gatti. -- Campinas, SP: [s.n.], 2005. Orientador : Dirceu da Silva. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. 1. Ciência – História. 2. Gravidade (Física). 3. Física – Estudo e ensino. 4. Construtivismo. I. Silva, Dirceu. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.
	05-46-BFE

Keywords: Science – History; Gravitationa attraction; Physics teachint; Constructivist perspective

Área de concentração: Educação, Ciência e Tecnologia

Titulação: Doutor em Educação

Banca examinadora : Prof. Dr. Dirceu da Silva
Prof. Dr. Roberto Nardi
Prof. Dr. Sérgio Ferreira do Amaral
Prof. Dr. Jomar de Barros Filho

Data da defesa: 20/01/2005

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Dirceu da Silva pela constante dedicação a este trabalho em meio a tantas atividades acadêmicas, pelo período de convivência frutífera, pelas valiosas discussões que me permitiram um crescimento profissional, pela amizade demonstrada, além das imprescindíveis injeções de ânimo.

Ao Prof. Dr. Roberto Nardi, por oferecer a oportunidade do desenvolvimento desta pesquisa em sua disciplina, além dos debates e contribuições ao longo do processo.

Aos professores Dra. Maria Ângela Miorim e Dr. Roberto Nardi pelas importantes observações e sugestões que possibilitaram novas reflexões.

Aos alunos da disciplina de Prática de Ensino de Física.

Aos meus pais Aristeu e Maria Luzia, meus primeiros orientadores, que com amor e dedicação edificaram um porto seguro que me possibilitou fazer escolhas.

Ao meu marido Fábio pelo incentivo, compreensão e amor que suavizaram os momentos de ansiedade.

À minha irmã Silvia pelo apoio em todos os momentos da realização deste trabalho, pelas valiosas sugestões e críticas. Agradeço também a calorosa acolhida proporcionada por ela e por meu cunhado e amigo Jefferson, que transformaram sua casa em minha casa em Campinas.

Ao meu irmão Sérgio, sempre pronto a resolver meus problemas com a informática.

Aos amigos do nosso grupo de pesquisa e aos professores das disciplinas que cursei no programa de pós-graduação.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao **CNPq** pelo auxílio financeiro.

Aos meus pais.

Nesta pesquisa procuramos discutir a inserção da História da Ciência no ensino de Ciências na disciplina de Prática de Ensino de Física, a partir de um curso para a formação de professores tendo como pano de fundo o desenvolvimento histórico do tema atração gravitacional. O trabalho foi desenvolvido com uma amostra de onze alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP – Bauru. As tendências metodológicas desta pesquisa são o aspecto qualitativo e o estudo de caso. Iniciamos a pesquisa procurando revelar as pré-concepções dos licenciandos, fornecendo um panorama que pôde ser usado para orientar as atividades a partir da realidade diagnosticada. Nosso objetivo era promover discussões sobre a existência e persistência das concepções alternativas, sobre a evolução histórica do tema atração gravitacional, além de leituras e debates de textos contemplando discussões recentes sobre o ensino de Ciências, de modo a gerar insatisfações com o modelo tradicional de ensino. Além disso, pretendíamos permitir que o indivíduo construísse uma nova proposta através do desenvolvimento em situações reais no Ensino Médio, de um minicurso a partir das discussões realizadas em sala de aula e da utilização da História da Ciência e das concepções alternativas dos estudantes. As propostas de minicursos desenvolvidas pelos licenciandos, além da comparação entre as concepções inicial e final nos permitiram evidenciar a relação entre a evolução nas noções e o desenvolvimento de propostas mais de acordo com as discussões realizadas durante o curso. Dos onze participantes, quatro desenvolveram um ensino mais voltado para a construção de conhecimentos, sem, entretanto abandonar completamente as resistências à adoção de metodologias de ensino inovadoras.

The purpose of this research was to insert the discussion on the History of Science in Science Education in a subject of Practical of the Physics in Education course. Thus, we suggest a course plan on gravitational attraction that can help prospective teachers' education. The work was developed with a sample of eleven pupils of the course of Physics of the UNESP - Bauru. The methodological trends of this research are the qualitative aspect and the study of case. We began this work revealing the conceptions that the prospective teachers' have which supplied a panorama that could be used to guide the activities from the reality. Also, we where to promote discussions on the existence and persistence of the alternative conceptions, on the historical evolution of the subject gravitational attraction, beyond readings and debates of texts contemplating recent subjects on the Science Education, in order to generate dissatisfaction with the traditional model of education. Moreover, we intended to allow that the individual constructed new a proposal through the development in real situations in High School of a mini-course based on: debates and synthesis developed in classroom, the History of the Science and the alternative conceptions of the students. The proposals of mini-courses developed by the students, beyond the comparison between the initial and final conceptions allowed us to evidence the relations between the primitive ideas and the students' mini curses proposals. As results, just four participants had developed a proposal plane teaching more directed toward the constructivist perspective, but without, however to abandon completely the oppositions to the innovative methodologies of education.

ÍNDICE

<u>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA</u>	1
<u>1.1 Estrutura do trabalho</u>	3
<u>2. METODOLOGIA DA PESQUISA</u>	5
<u>2.1 Tendências Metodológicas</u>	5
<u>2.2 Aspectos Metodológicos</u>	7
<u>2.3 Objetivos</u>	13
<u>2.4 Fontes de Dados</u>	14
<u>3. AS PESQUISAS SOBRE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E OS MODELOS DE MUDANÇA CONCEITUAL</u>	17
<u>4. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS</u>	35
<u>4.1 Algumas críticas à utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências</u>	36
<u>4.2 Por que inserir a História da Ciência no Ensino?</u>	40
<u>5. AS PESQUISAS SOBRE A FORMAÇÃO DE PROFESSORES</u>	47
<u>5.1 As pesquisas sobre as relações entre as concepções dos professores de Ciências e sua prática docente</u>	52
<u>5.2 Alguns subsídios e alternativas para a formação inicial de professores</u>	56
<u>6. RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS</u>	61
<u>6.1 Os Licenciandos da amostra</u>	61
<u>6.2 Etapas da intervenção</u>	62
<u>6.3 O trabalho com os futuros docentes durante o primeiro semestre letivo: o curso</u>	64
<u>6.3.1 – MOMENTO 1: Análise das concepções iniciais dos participantes</u>	67
<u>a) Concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional</u>	67
<u>b) Concepções sobre a construção do conhecimento científico: o questionário VOSTS</u>	78
<u>c) Concepções sobre a utilização da História da Ciência no ensino de Ciências: a entrevista de grupo focal</u>	88
<u>d) Concepções sobre alguns aspectos dos processos de ensino e aprendizagem</u> ...	97
<u>Uma breve síntese</u>	101
<u>6.3.2 – MOMENTO 2: Análise da participação e resistência dos licenciandos durante as atividades do curso no primeiro semestre letivo de 2003</u>	102
<u>6.3.3 – Expectativas e resistência dos licenciandos: a segunda entrevista de grupo focal</u>	112
<u>Uma breve síntese</u>	116

<u>6.4 - O trabalho com os futuros docentes durante o segundo semestre letivo: a aplicação da proposta em sala de aula</u>	117
<u>6.4.1 – MOMENTO 3: As propostas de minicursos e os resultados da aplicação da proposta no Ensino Médio</u>	120
<u>Uma breve síntese</u>	152
<u>6.4.2 – MOMENTO 4: Considerações sobre a evolução dos licenciandos e análise das concepções ao final do processo</u>	155
<u>a) Concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional</u>	155
<u>b) Concepções sobre a construção do conhecimento científico: o questionário VOSTS</u>	164
<u>Uma breve síntese</u>	177
<u>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	181
<u>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	191
<u>9 - ANEXOS</u>	201
<u>ANEXO 1</u>	202
<u>ANEXO 2</u>	208
<u>ANEXO 3</u>	211
<u>ANEXO 4</u>	213
<u>ANEXO 5</u>	305
<u>ANEXO 6</u>	309
<u>ANEXO 7</u>	309
<u>ANEXO 8</u>	309

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

Não é necessário fazer uma análise em profundidade sobre o ensino de Ciências no Brasil para verificar a distância profunda entre as propostas inovadoras, fruto de investigações na área de ensino de Ciências, e as ações desenvolvidas em sala de aula dos cursos de nível médio.

Os cursos de formação inicial e continuada de professores não têm conseguido atingir mudanças de postura frente aos processos de ensino e aprendizagem, pois, na maioria dos casos, desconsideram o fato de que os docentes possuem pré-concepções sobre o que é importante ensinar, como fazê-lo, quais as causas do fracasso dos estudantes etc. (Levy e Sanmartí, 2001).

Neste sentido, muitos estudos (Gil Perez, 1991; Hasweh, 1996; Mellado, 1996; Hewson et. al., 1999 a e b; Levy e Sanmartí, 2001, entre outros) têm mostrado a existência e persistência das concepções que os docentes possuem sobre a ciência e sobre os processos de ensino e aprendizagem, além de discutir sua influência sobre a prática docente.¹

Além disso, outros problemas e dificuldades têm sido apontados nos cursos de formação de professores, que serão apresentados.

A dissociação entre as formações científica e a pedagógica nos cursos de graduação também tem sido relatada, revelando que a formação limita-se na maioria dos casos, à soma de cursos sobre conteúdos científicos e cursos sobre Educação, *completamente desvinculados*.

Outro problema refere-se à separação entre os pesquisadores que propõem projetos inovadores e os professores, que na condição de meros consumidores devem modificar seu desempenho, adaptando-se às propostas (Cunha, 1999).

¹ Esta temática será desenvolvida de forma mais profunda no capítulo 5.

A transição para práticas coerentes com o paradigma construtivista requer uma nova visão dos processos de ensino e aprendizagem (Levitt, 2001), pois o modelo tradicional, como um sistema paradigmático de concepções e crenças, comportamentos e atitudes, possui uma certa coerência e fornece respostas para a maioria dos problemas educacionais (Furió, 1994).

Diante da constatação das problemáticas apontadas, o que fazer?

A proposta contida neste trabalho visa contribuir para as pesquisas sobre formação inicial de professores, partindo dos resultados apontados na literatura, buscando superar algumas limitações e deficiências. O curso proposto não considera o futuro docente como um mero consumidor dos resultados de pesquisas, mas pretende lhe oferecer oportunidades para o questionamento de sua prática e dos pressupostos que a permeiam.

O planejamento de curso elaborado foi baseado em: dados sobre a evolução dos modelos de mundo, buscando evidenciar como o conceito de atração gravitacional desenvolveu-se historicamente; nas concepções alternativas mais comuns encontradas na literatura, incluindo um breve esboço de noções diagnosticadas em uma amostra de docentes de Física de ensino médio²; e em sugestões de leituras e discussões de resultados de pesquisas recentes sobre os processos de ensino e aprendizagem de Ciências.

Há quatro pontos fundamentais a serem destacados nesta proposta:

1. A preocupação com as concepções dos futuros docentes sobre os processos de ensino e aprendizagem, já que muitos dos fracassos relatados em tentativas anteriores têm sido atribuídos à incapacidade dos cursos de formação em explicitar e confrontar as concepções dos professores (Hewson et. al., 1999 a-b).
2. A utilização da História da Ciência como um fio condutor das discussões que permeiam o curso. Isto porque acreditamos que ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da

² Questões foram aplicadas junto a uma amostra de 34 docentes participantes de projeto de educação continuada (Pró-Ciência) realizado na Unesp - Bauru.

atividade científica (Castro e Carvalho, 1995). A visão positivista sobre a construção do conhecimento científico implica na adoção de metodologias de ensino baseadas na transmissão e recepção passiva de conhecimentos considerados como verdadeiros e imutáveis, dificultando aceitação de metodologias construtivistas (Hewson et. al., 1999 a e b).

3. O desenvolvimento de conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de Ciências é considerado fundamental e integra a proposta. Assim, a promoção de discussões sistemáticas sobre os resultados de pesquisas referentes aos modelos de mudança conceitual e às concepções alternativas parece ser uma das atividades que facilitam a construção de uma concepção de ensino como mudança conceitual (Marion et. al. ,1999).
4. O desenvolvimento e a aplicação de um minicurso a ser elaborado pelos participantes em situações reais de sala de aula no Ensino Médio poderá representar oportunidades para que os futuros docentes reflitam sobre sua prática e os pressupostos que a permeiam, além de contribuir para o desenvolvimento de relações mais complexas entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico (Cochran e Jones, 1998). A participação dos futuros docentes em situações de ensino é importante para que se estabeleçam relações entre a explicitação de suas idéias, a teoria discutida durante o desenvolvimento do curso e a sua prática docente.

Com a aplicação do modelo aqui sugerido, pretende-se *avaliar se uma experiência didática centrada na inserção da História da Ciência, levando-se em conta as concepções, experiências e crenças didáticas de futuros docentes pode contribuir para a aceitação de novas metodologias de ensino.*

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2, apresentamos a metodologia que será utilizada nesta pesquisa, incluindo uma breve discussão sobre as tendências metodológicas adotadas e os procedimentos para coleta e análise de dados.

Nos capítulos 3, 4 e 5, estaremos apresentando uma revisão bibliográfica sobre os pressupostos teóricos deste trabalho.

Especificamente no capítulo 3, procuramos entender a trajetória da linha de pesquisa sobre concepções alternativas e sobre o desenvolvimento dos modelos de mudança conceitual. Tais resultados têm proporcionado o questionamento do paradigma tradicional de ensino e o crescimento da concepção construtivista.

No capítulo 4, estaremos abordando algumas discussões sobre a utilização da História da Ciência no ensino e na formação docente.

As pesquisas sobre formação de professores, incluindo a problemática e as perspectivas de mudanças são relatadas no capítulo 5.

O capítulo 6 revela os resultados e a análise dos dados da pesquisa.

No capítulo 7, discutimos as considerações finais e as implicações desta pesquisa para estudos posteriores.

As atividades propostas e desenvolvidas durante o curso de formação de professores, cujo fio condutor é o desenvolvimento histórico do tema atração gravitacional encontram-se nos anexos.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 Tendências Metodológicas

As tendências metodológicas deste trabalho são o **aspecto qualitativo** e o **estudo de caso**. A pesquisa é permeada pelo referencial construtivista³ dos processos de ensino e aprendizagem, tendo como ponto de partida a trajetória das pesquisas sobre as concepções alternativas e sobre os modelos de mudança conceitual, os resultados de pesquisas sobre a utilização da História da Ciência no ensino e trabalhos recentes sobre a formação de professores, incluindo a problemática e perspectivas.

A necessidade de compreender as possíveis mudanças de postura dos futuros docentes frente aos processos de ensino e aprendizagem, além de revelar os fatores que conduzem ou limitam a aceitação de novas metodologias de ensino nos conduz à opção por uma metodologia qualitativa.

A **pesquisa qualitativa** segundo Bogdan e Biklen (1994), têm o ambiente natural como sua fonte direta de dados e a justificativa para o contato direto do pesquisador com a situação onde os fenômenos ocorrem é que, neste tipo de pesquisa admite-se que o comportamento humano é influenciado pelo contexto.

Os dados obtidos são predominantemente descritivos, incluindo transcrições de entrevistas, depoimentos, notas de campo, fotografias, descrições de pessoas e situações etc. Neste sentido, a preocupação é analisar os processos vivenciados e não apenas os produtos.

Isto implica verificar como um determinado problema

“(...) se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas”. (Ludke e André, 1986).

³ Na concepção construtivista, a aprendizagem é vista como um processo facilitado pela interação social, no qual o sujeito constrói ativamente seu próprio conhecimento.

O **estudo de caso** representa uma das formas que uma pesquisa qualitativa pode assumir. Sua principal característica é a concentração em um incidente particular, envolvendo um único evento ou uma série de casos relacionados em um determinado período de tempo (Hitchcock e Hughes, 1995).

“Um estudo de caso refere-se a uma coleção e apresentação de informações detalhadas e relativamente não estruturadas de uma gama de fontes sobre um indivíduo particular, um grupo ou instituição, geralmente incluindo os relatos dos temas”.(Hammersley, 1989, p.93 apud. Hithcock e Hughes, 1995, p.317-8).

Cohen e Manion (1994) revelam que a proposta desse tipo de pesquisa é estudar e analisar intensivamente um determinado fenômeno com vistas a possíveis generalizações.

Nesse sentido, Ludke e André (1986) salientam que os estudos de caso resultam em vantagens, porque são apropriados a casos singulares sem, no entanto restringir a possibilidade de novos estudos.

O estudo de caso mostrou-se importante nesta pesquisa porque acompanhamos as manifestações do processo de formação de nossa amostra de estudantes do curso de Licenciatura em Física, em um contexto determinado, buscando retratar a realidade de forma profunda a fim de compreendê-la e interpretá-la.

Para tanto, uma das técnicas utilizadas nesta pesquisa é a entrevista do tipo **Grupo focal (Focus group)**.

Este tipo de entrevista envolve uma discussão objetiva, conduzida ou moderada que introduz um assunto a um grupo e direciona o debate de maneira não estruturada (Parasuraman, 1986, apud. Giovinazzo, 2001).

Tal procedimento, como uma entrevista em grupo, permite coletar dados em curto espaço de tempo e em quantidade adequada (Giovinazzo, 2001).

“O uso do Focus Group é particularmente apropriado quando o objetivo é explicar como as pessoas consideram uma experiência, uma idéia ou um evento, visto que a discussão durante as reuniões é efetiva em fornecer informações sobre o que as pessoas pensam ou sentem ou, ainda, sobre a forma como agem”.(Giovinazzo, 2001).

Osborne e Collins (2001) argumentam que a utilização do Grupo focal apresenta vantagens sobre as entrevistas individuais por oferecer oportunidades de exploração de temas de interesse de uma forma dinâmica, utilizando a interação do grupo para desafiar e investigar as posições expostas pelos participantes.

Nesta pesquisa, a utilização do Grupo focal revelou-se imprescindível para a reorganização, reformulação e melhor adequação do planejamento de curso elaborado para as situações reais de sala de aula.

Além disso, contribuiu para a explicitação e reflexão das concepções dos futuros docentes sobre os processos de ensino e aprendizagem e sobre a possibilidade da inserção da História da Ciência no ensino. Como veremos no capítulo 5, resultados de pesquisas recentes (Hewson et. al, 1999-a,b; Marion et. al., 1999; Tabachnick, B.R. & Zeichner, K. M., 1999) têm revelado que as dificuldades na mudança de postura dos futuros docentes e a resistência à aceitação de metodologias de ensino inovadoras devem-se ao seu histórico de formação e às concepções que sustentam sobre o tema. A incapacidade dos cursos de formação em revelar e confrontar tais noções tem sido apontada como uma das mais importantes causas de sua ineficiência.

2.2 Aspectos Metodológicos

Em um **primeiro momento** da pesquisa, foi realizado um levantamento inicial com os alunos regularmente matriculados na disciplina Prática de Ensino de Física V, durante o primeiro semestre letivo de 2003.

A realização de tais **atividades introdutórias** pretendia diagnosticar dentre outros aspectos, características da postura dos futuros docentes frente aos processos de ensino e aprendizagem, suas visões sobre a Ciência e suas concepções sobre o tema atração gravitacional.

As concepções levantadas têm sido relatadas por uma extensa literatura na área de ensino de Ciências. Esse diagnóstico inicial forneceu

subsídios que permitiram direcionar a seqüência de atividades desenvolvidas, revelando resistências dos futuros docentes à mudança.

Para tanto, alguns instrumentos foram aplicados:

- Diagnóstico das concepções dos docentes sobre o tema atração gravitacional, a partir da utilização de questões presentes na literatura;
- Levantamento da visão de Ciência dos docentes através de questões baseadas no VOSTS⁴ (*Views on Science-Technology-Society*).
- Entrevista do tipo Grupo focal (*Focus group*) com o objetivo de revelar as concepções dos participantes sobre as possibilidades da inserção da História da Ciência no ensino, além de sensibilizar o grupo, criando necessidades para o desenvolvimento do tema.
- Questionário de concepções sobre os processos de ensino e aprendizagem.

Em um **segundo momento**, as atividades do curso proposto foram aplicadas durante todo o semestre letivo com encontros semanais de quatro-horas/aula.

O intervalo intencional entre as aulas nos permitiu a constante avaliação dos encaminhamentos, possibilitando alterações necessárias.

Durante o trabalho com os futuros professores, atuei como professora e pesquisadora, juntamente com o docente responsável pela disciplina.

O curso foi “dividido” em três partes: 1) Atividades de conhecimento epistemológico/científico, 2) Atividades de reflexão acerca dos referenciais teóricos sobre a aprendizagem e a aprendizagem em Ciências e 3) Atividades de síntese das idéias debatidas.

Esta “divisão” entretanto, serviu apenas para fins de maior explicitação e, de maneira alguma, constituiu-se de blocos estanques.

PARTE 1: Atividades de conhecimento epistemológico/científico.

⁴ AIKENHEAD, G. S., RYAN, A. G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. **Science Education**, 76 (6), 559 - 580.

Estas atividades tinham como objetivo permitir que o docente participante elaborasse uma visão geral da construção histórica do tema *atração gravitacional* entrando em contato com algumas das concepções alternativas mais comuns relacionadas ao tema.

PARTE 1

Atividades de estudo, leitura, debate e construção de significados ⁵.

ATIVIDADE 1: As primeiras tentativas de descrição do mundo.

ATIVIDADE 2: O sistema aristotélico.

ATIVIDADE 3: O modelo de mundo ptolomáico e o “divórcio com a realidade”.

ATIVIDADE 4: Algumas considerações sobre a física na Idade Média.

ATIVIDADE 5: O heliocentrismo de Copérnico.

ATIVIDADE 6: As elipses de Kepler.

ATIVIDADE 7: A física de Galileu.

ATIVIDADE 8: Os vórtices de Descartes.

ATIVIDADE 9: A síntese newtoniana.

As atividades mencionadas são acompanhadas de justificativas sobre a escolha do tema e objetivos.

A avaliação foi baseada:

- na produção individual dos participantes que foi continuamente discutida;
- no desenvolvimento coletivo, através de exposições e sínteses elaboradas ao final das discussões plenárias em cada atividade.

Este conjunto ordenado de atividades visava contemplar os quatro primeiros aspectos da seqüência instrucional proposta por Duschl (1995)⁶. O passo seguinte, referente à aplicação das novas idéias em diferentes contextos, foi trabalhado em algumas atividades do curso, procurando proporcionar aos

⁵ TEODORO, S. R. (2000). A proposta inicial apresentada na dissertação previa a realização de treze atividades. Em função do tempo disponível, optamos por inserir apenas nove neste estudo.

⁶ Ver quadro 3.3.

docentes momentos de reflexão sobre sua prática e sobre como os conteúdos e discussões realizadas poderiam contribuir para seu trabalho em sala de aula.

PARTE 2: Atividades de reflexão acerca dos referenciais teóricos sobre a aprendizagem e a aprendizagem em Ciências.

Nesta etapa, foram discutidos textos que serviram como fundamentação teórica para a elaboração do curso e outros que contemplam as discussões mais recentes sobre o ensino de Ciências.

Marion et. al. (1999) ressaltam que uma das atividades que facilitam a construção de uma concepção de ensino como mudança conceitual é a leitura crítica e reflexiva de artigos científicos sobre o tema.

PARTE 3: Atividades de síntese das idéias debatidas – Elaboração do minicurso.

Nesta parte do curso, foi solicitado ao futuro docente que elaborasse uma espécie de “retrospectiva”, incluindo os assuntos debatidos que ele considerou mais relevantes.

Mediante esta retomada, foi solicitado ao futuro docente que elaborasse um minicurso voltado a alunos de ensino médio, sobre o tema atração gravitacional, contemplando as discussões realizadas.

Nesse sentido, Coll et al. (1998) assinalam a importância de se desenvolver atividades mais amplas, que permitam generalizações como forma de impedir que a simples reprodução de fatos seja confundida com aprendizagem de conceitos.

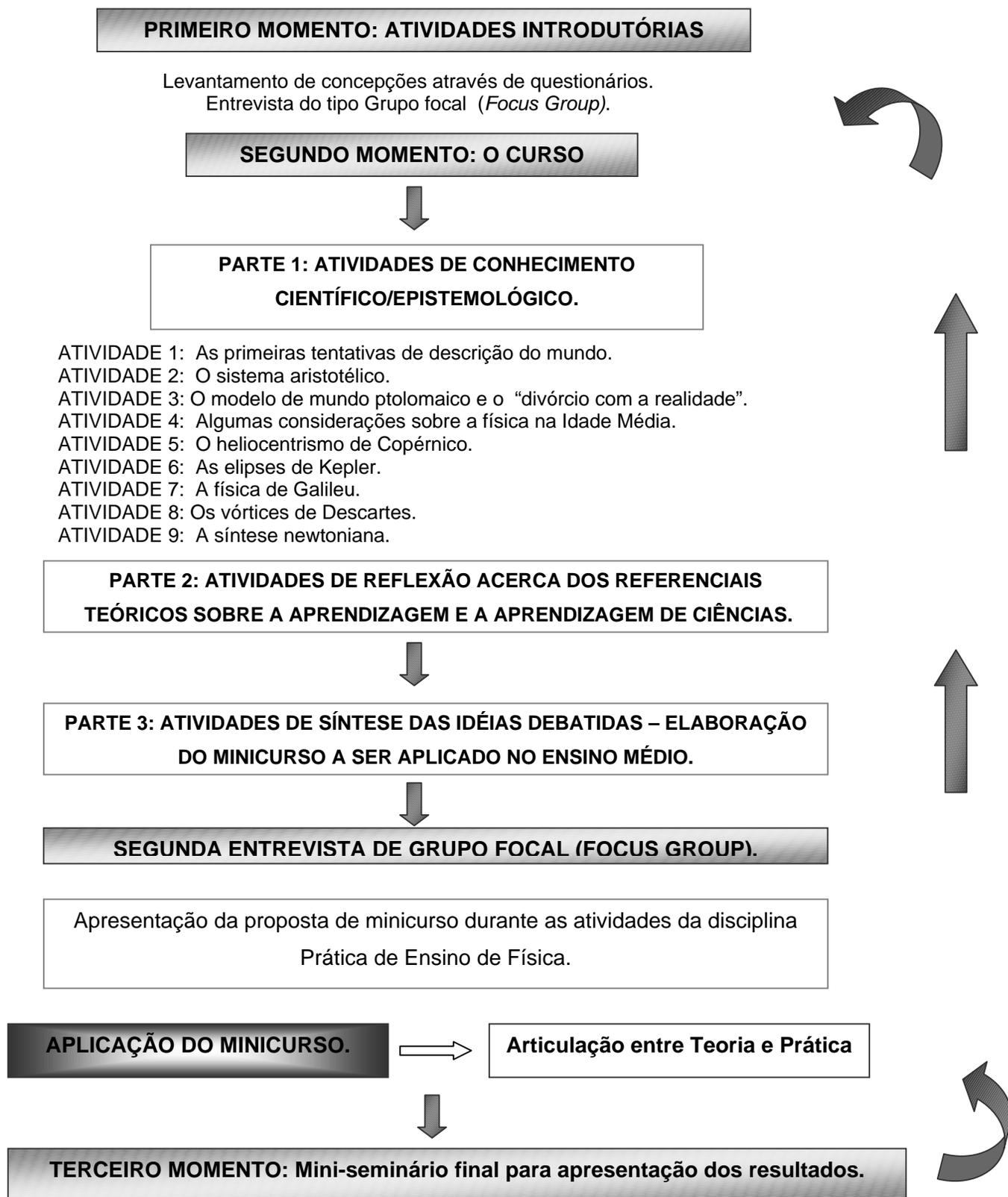
O minicurso desenvolvido pelos estudantes foi inicialmente apresentado sob a forma de um mini-seminário para os demais participantes e posteriormente aplicado em situações reais de sala de aula no Ensino Médio, durante as atividades de estágio no segundo semestre letivo de 2003. Neste momento,

através do acompanhamento das atividades conduzidas, fizemos uma análise dos relatos dos participantes, avaliando se sua prática correspondia às opiniões emitidas durante o processo, e até que ponto o curso pôde alterar suas concepções iniciais.

A estrutura sugerida para a pesquisa buscava estabelecer relações entre o diagnóstico das concepções dos futuros docentes sobre a Ciência e sobre os processos de ensino e aprendizagem, os temas a serem debatidos durante o curso, visando o desenvolvimento de um modelo construtivista de ensino e a articulação entre teoria e prática através da elaboração e aplicação do minicurso.

A figura 2.1 sintetiza a proposta.

FIGURA 2.1: Seqüência proposta para o desenvolvimento da pesquisa.



FONTE: Adaptado de Teodoro, 2000.

Ao final das etapas explicitadas anteriormente, obtivemos dados sobre:

1. As concepções iniciais dos participantes sobre os processos de ensino e aprendizagem, sobre a utilização da História da Ciência no ensino de Ciências, sobre a construção do conhecimento científico e possíveis concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional;
2. A participação dos alunos nas atividades promovidas durante o curso;
3. Os minicursos elaborados pelos participantes, que refletiram suas concepções;
4. A avaliação e as expectativas com relação à aplicação da proposta em situações reais a partir da segunda entrevista de grupo focal (*focus group*).
5. A aplicação do minicurso no Ensino Médio através do relato da experiência dos licenciandos.
6. Síntese escrita do estagiário que representou uma oportunidade para que o participante refletisse sobre sua ação docente.
7. Reflexão a partir da realização do mini-seminário final para a apresentação dos resultados do desenvolvimento da proposta em sala de aula.

Tais dados nos permitiram analisar o impacto da proposta, fornecendo subsídios para avaliar se, ao considerarmos as concepções dos futuros docentes sobre os processos de ensino e aprendizagem e sobre a construção do conhecimento científico, dentro da metodologia sugerida neste estudo, poderíamos contribuir para a aceitação de novas metodologias de ensino.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo geral:

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar se *uma experiência didática centrada na inserção da História da Ciência, levando-se em conta as concepções, experiências e crenças didáticas de futuros docentes pode contribuir para a aceitação de novas metodologias de ensino.*

2.3.2 Objetivos específicos:

Pretende-se avaliar se o curso proporciona aos docentes elementos para mudanças de postura em sua prática docente através:

- 1) do questionamento da visão simplista e cumulativa da construção do conhecimento científico;
- 2) de discussões sobre a existência e persistência de concepções alternativas de estudantes e docentes;
- 3) do questionamento de sua própria prática.

2.4 Fontes de dados

Em cada parte do curso foram utilizadas diferentes fontes de dados para avaliação dos processos envolvidos na formação dos docentes. O quadro abaixo procura sintetizar tais informações:

QUADRO 2.1: Instrumentos de coletas de dados utilizados em cada momento da pesquisa.

<i>Atividades desenvolvidas</i>	<i>Instrumentos de coleta de dados.</i>
PRIMEIRO MOMENTO	
Atividades introdutórias.	Questionários. Gravação em vídeo-tape da entrevista de grupo focal (<i>Focus group</i>).
SEGUNDO MOMENTO: O CURSO	
PARTE 1: Atividades de conhecimento epistemológico/científico.	Bloco de notas do pesquisador. Registros escritos dos alunos.
PARTE 2: Atividades de reflexão acerca dos referenciais teóricos sobre a aprendizagem e a aprendizagem em Ciências.	Bloco de notas do pesquisador. Registros escritos dos alunos.

PARTE 3: Atividade de síntese das idéias debatidas	Releitura da proposta - Elaboração do minicurso.
Reflexão sobre a proposta e análise das expectativas dos participantes a partir da realização de uma segunda entrevista de grupo focal (focus group).	Gravação em vídeo-tape.
Seminário individual sobre a proposta de minicurso a ser desenvolvida.	Gravação em vídeo-tape.
Aplicação do minicurso.	Síntese do estagiário contento seu diário de campo com anotações sobre os eventos. Mini-seminário final.
TERCEIRO MOMENTO	
Realização de mini-seminários com os relatos sobre as experiências dos participantes.	Gravação em vídeo-tape.
Análise das concepções dos participantes no final do processo.	Questionários.

3. AS PESQUISAS SOBRE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E OS MODELOS DE MUDANÇA CONCEITUAL

Pesquisas realizadas a partir do início da década de 70 têm mostrado a importância de se considerar no ensino as chamadas "idéias prévias" ou "espontâneas"⁷ que os alunos trazem para a sala de aula. Inúmeros foram os trabalhos desenvolvidos procurando levantar as estruturas alternativas de estudantes e professores em diversas áreas do conhecimento, buscando analisar sua influência na aquisição de conceitos.

A pesquisa têm sido revisada em artigos (Driver e Erickson, 1983; McDermott, 1984), livros (Driver, Guesne e Tiberghien, 1985; Osborne e Freyberg, 1985) e em bibliografias (Carmichael et. al., 1990; Pfundt e Duit, 1994).

Os trabalhos desenvolvidos por Piaget na década de 20 e Ausubel na década de 60 são considerados precursores do que ficou conhecido como Movimento das Concepções Alternativas (MCA).

“Piaget, pela análise que faz das representações do mundo que se dão espontaneamente na criança no decurso do seu desenvolvimento intelectual – idéias, crenças, explicações causais e expectativas, relativamente a fenômenos naturais que a criança constrói para dar sentido às suas experiências pessoais. Ausubel, pelo valor que atribui, na aprendizagem, à “estrutura cognitiva” enquanto conteúdo substantivo e organização de idéias para áreas particulares do conhecimento. Considera-a um instrumento decisivo para a integração de novas informações e de novos conceitos”. (Santos, 1991, p. 57).

A extensa literatura produzida indica

“(…) que as crianças vêm para as aulas de Ciências com concepções prévias que podem diferir substancialmente das idéias a serem ensinadas, que estas concepções influenciam a aprendizagem futura e que elas podem ser resistentes a mudanças” (Driver, 1989, p. 481).

⁷ Há muitos termos utilizados pelos pesquisadores em ensino de Ciências quando se referem à idéias que os alunos trazem para a sala de aula, previamente concebidas ao ensino formal, tais como: “conceitos intuitivos”, “concepções espontâneas”, “idéias ingênuas”, “concepções alternativas” etc. Neste texto utilizaremos estes termos como sinônimos.

Tal abordagem surgiu basicamente

“(...) de estudos que passaram a se preocupar mais sistematicamente com uma melhor compreensão dos ‘erros’ ou das respostas ‘erradas’ dos alunos, quando estes se confrontavam com questões relacionadas ao conhecimento científico”. (Diniz, 1998, p. 27).

Apesar da abrangência temática que a pesquisa cobre, da diversidade de técnicas de coleta e análise de dados, de divergências quanto à origem e natureza de tais concepções, além da heterogeneidade cultural das crianças envolvidas nas pesquisas é possível comparar os resultados obtidos, procurando sintetizar os traços mais característicos dos conhecimentos prévios dos estudantes (Santos, 1991).

Assim, no intuito de sistematizar uma caracterização geral das concepções alternativas, Santos (1991) reuniu sete itens com seus elementos básicos:

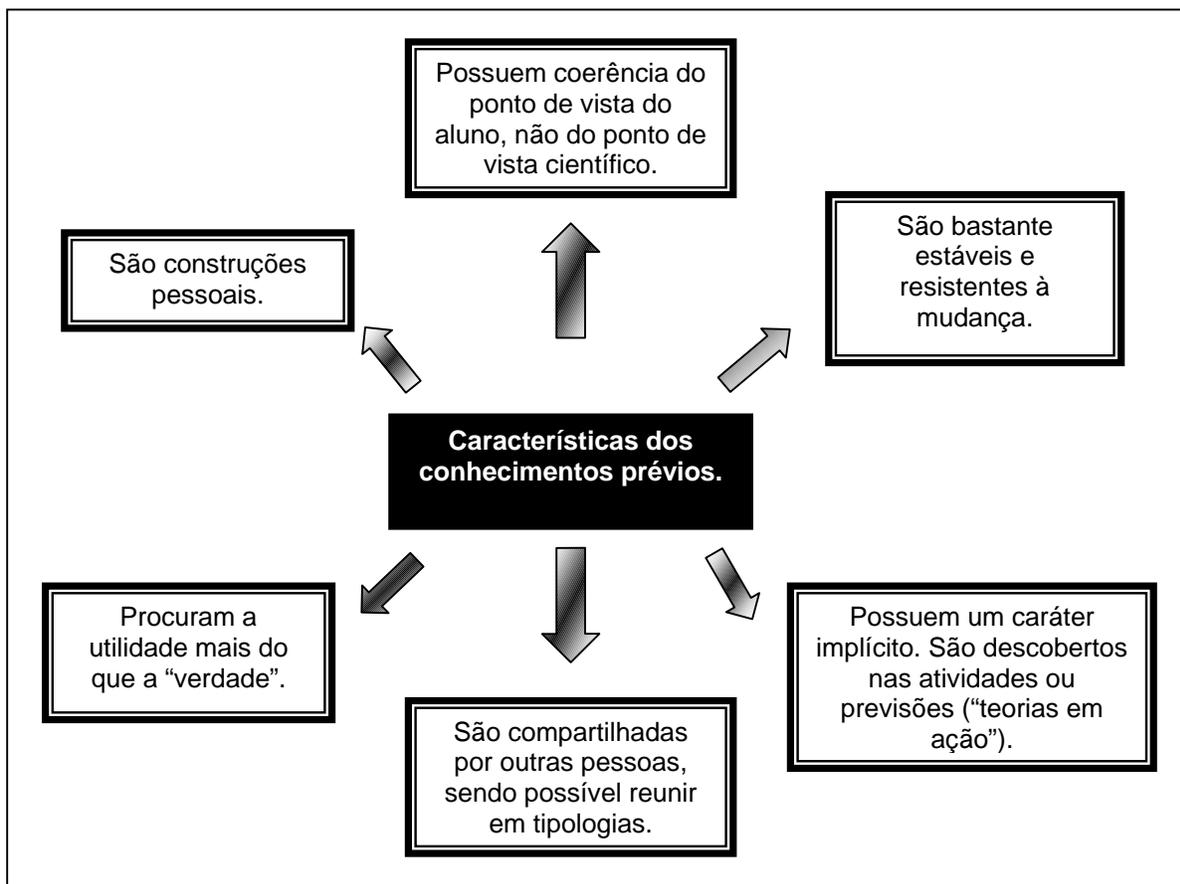
1. Natureza eminentemente pessoal;
2. Natureza estruturada;
3. Esquemas dotados de certa coerência interna;
4. Resistentes à mudança;
5. Esquemas podem perdurar para além da aprendizagem formal;
6. São pouco consistentes;
7. Apresentam um certo paralelismo com modelos históricos.

Para Hewson et. al. (1999 – a) as principais características de tais noções são apresentadas a seguir:

1. Diferem de forma significativa da concepção científica;
2. São resistentes à mudança;
3. Concepções semelhantes foram encontradas em indivíduos de diferentes idades, estágios de escolarização e culturas.

Na figura 3.1, Coll et. al (1998) procuram estruturar as principais noções apresentadas anteriormente.

FIGURA 3.1 Características das concepções alternativas.



FONTE: Coll et. al. (1998, p. 41).

Um dos levantamentos mais completos sobre as pesquisas realizadas nessa linha desde o início da década de 70 foi elaborado por Pfundt e Duit (1994), conforme o quadro 3.1.

QUADRO 3.1: Número de estudos sobre concepções de estudantes em diferentes áreas da Ciência.

ÁREA GERAL	Nº DE ESTUDOS	TÓPICOS ESPECÍFICOS
MECÂNICA	421	Força e movimento; trabalho, força, energia, velocidade, aceleração, gravidade, pressão, densidade, flutuação, afundamento.
ELETRICIDADE	218	Circuitos simples e ramificados; estruturas topológicas e geométricas; modelos de fluxo de corrente; corrente, voltagem e resistência; eletromagnetismo.
PARTÍCULAS	119	Estrutura da matéria; explicação de fenômenos (por ex. calor, estados da matéria); concepções de átomo; radioatividade.
ÓPTICA	111	Luz; propagação da luz; visão; cor.
ENERGIA	103	Transformação da energia, conservação, degradação.
CALOR	100	Calor e temperatura; transferência de calor; dilatação por aquecimento; mudança de estado; ebulição; solidificação; explicação do fenômeno do calor no modelo de partículas.
ASTRONOMIA	59	Forma da Terra; concepções do universo; características da atração gravitacional; satélites.
FÍSICA MODERNA	35	Física Quântica; Relatividade especial.
BIOLOGIA	336	Nutrição vegetal; fotossíntese; osmose; vida; origem da vida; evolução, sistema circulatório humano; genética; saúde; crescimento.
QUÍMICA	225	Combustão; oxidação; reações químicas; transformações de substâncias; equilíbrio químico; símbolos; fórmulas; conceito de mol; eletroquímica.

FONTE: Pfundt & Duit (1994, p. xxvi).

Esses trabalhos contribuíram para o fortalecimento da visão construtivista de ensino e aprendizagem e propiciaram a contestação dos chamados modelos de aprendizagem por aquisição conceitual, centrados na transmissão de conhecimentos por parte do professor e não na natureza e origem do conhecimento que o aluno já possui.

Neste sentido, Wheatley (1991) salienta que

“(...) existe um princípio fundamental da teoria construtivista que certamente não causará controvérsias: o conhecimento não é recebido passivamente, mas é construído ativamente pelo sujeito. Idéias e pensamentos não podem ser comunicados como se o significado estivesse empacotado dentro das palavras e enviado a outra pessoa que os desembrulha. Sendo assim, nós não podemos colocar idéias dentro das cabeças das crianças, somente elas poderão e irão construir as suas próprias idéias. Nosso esforço de comunicação não resulta no transporte de significados, mas nossa expressão evoca significados em outras pessoas, significados diferentes para cada pessoa”. (Wheatley, 1991, p.10).

A postura tradicional de ensino na qual o aluno é agente passivo nos processos de ensino e aprendizagem, uma espécie de “sorvedouro” de conhecimentos teve de ser revista.

Na tentativa de descrever as condições necessárias para que um indivíduo, partindo de suas noções intuitivas, pudesse rejeitá-las em favor de concepções cientificamente aceitas, surgem os modelos de mudança conceitual.

A questão básica dos modelos é explicar como os conceitos mudam sob o impacto das novas idéias ou de novas evidências.

Cunha (1999) assinala que

“Os modelos de mudança conceitual valorizam os esquemas prévios dos alunos e se baseiam nas teorias filosóficas de Kuhn, Toulmin e Bachelard. Ao propor estratégias para promover a mudança conceitual, alguns autores têm recorrido igualmente ao falseamento metodológico de Lakatos”. (Cunha, 1999, p. 100).

Santos (1991, p.178) destaca os principais pontos de convergência desses modelos:

- Necessidade de partir sempre do que o aluno já sabe;
- Necessidade de haver mudança conceitual;
- Necessidade de o aluno desempenhar um papel ativo em tal mudança, traçando os degraus do familiar para o novo.

Considerado um marco importante nesta linha de pesquisa, a proposta de Posner, Strike, Hewson e Gertzog, (1982), desenvolvida com base nos trabalhos de Kuhn (1975), Lakatos (1970) e Toulmin (1972), assume a aprendizagem como uma atividade racional, fundamentalmente voltada para a compreensão e aceitação de idéias que pareçam ser inteligíveis e racionais. A questão básica diz respeito a como as concepções dos estudantes mudam sob o impacto das novas idéias e evidências.

Os pesquisadores sugerem que existem exemplos análogos de mudança conceitual na Ciência e no ensino de Ciências. Algumas vezes os estudantes usam conceitos que já possuem para tratar um novo fenômeno. Esta variação da primeira fase da mudança conceitual é o que os autores denominam assimilação. Frequentemente, entretanto, as concepções dos estudantes são inadequadas para permitir a compreensão de um novo fenômeno de maneira satisfatória. Então o indivíduo precisa substituir ou reorganizar seus conceitos centrais. Esta forma mais radical de mudança conceitual é denominada acomodação e representa o foco das atenções no trabalho dos autores.

Posner et. al. (1982) expressam sua teoria de acomodação em resposta a duas questões:

- 1) Sob quais condições um conceito central acaba sendo substituído por outro?
- 2) Quais aspectos da ecologia conceitual⁸ (ou seja, das concepções que os indivíduos possuem) governam a seleção de novos conceitos?

A proposta sugere quatro condições importantes que devem ser cumpridas para que a acomodação ocorra:

- 1) Deve haver insatisfação com as concepções existentes, já que é improvável que cientistas e estudantes realizem uma mudança profunda em suas concepções sem que tenham perdido a fé em sua capacidade de resolução de problemas.

⁸ Os autores utilizam a metáfora da ecologia conceitual de Toulmin (1972) para explicar as concepções, crenças e valores dos estudantes. Nesta perspectiva, os conceitos estão estruturados em uma rede inter-relacionada de tal forma que a mudança em um conceito afeta os demais. Outro

- 2) A nova concepção deve ser inteligível, ou seja, deve ser compreensível em sua estrutura cognitiva.
- 3) A nova concepção deve parecer inicialmente plausível. Qualquer nova concepção adotada deve ao menos parecer ter capacidade para resolver os problemas gerados por suas predecessoras, caso contrário não parecerá uma escolha plausível.
- 4) A nova concepção deve sugerir a possibilidade de um frutífero programa de pesquisa, ou seja, deve ser útil, resolver problemas e abrir novas perspectivas.

Várias críticas foram feitas ao modelo proposto por Posner e colaboradores (1982). Uma das perguntas mais freqüentes procurou esclarecer se o abandono das noções alternativas era realmente possível. As pesquisas mais recentes apontam que a aquisição de um conceito científico não é necessariamente acompanhada da eliminação de antigas concepções.

Para Solomon (1983), as noções cotidianas que os estudantes sustentam têm origem no convívio social.

“No discurso diário e através dos meios de comunicação de massa, nossas crianças são confrontadas com suposições implícitas sobre como os objetos se movem, sua energia e suas propriedades, que podem estar em conflito direto com a explicação científica que aprendem na escola. Fora do laboratório escolar, esses adolescentes estão sendo continuamente socializados em um repertório completo de explicações não científicas. Um exame de reportagens de jornal e da linguagem cotidiana torna clara a disseminação deste processo subversivo”. (Solomon, 1983, p. 49).

A autora argumenta que não há meios para extinguir as noções cotidianas e assinala que os estudantes deveriam ser capazes de pensar e operar em dois diferentes domínios de conhecimento⁹ e distinguir entre eles.

Hewson e Hewson (1992) consideram os graus de mudança conceitual conforme três variedades:

aspecto importante é que como os conceitos ocupam “nichos” conceituais distintos, existe a possibilidade de uma competição entre eles.

⁹ Nesta perspectiva, as noções alternativas e modelos científicos seriam coexistentes.

- No primeiro tipo, o entendimento prévio do sujeito é extinto e substituído por uma nova concepção;
- No segundo, a mudança envolve a aprendizagem de conceitos novos que deverão estabelecer conexões com o que o aluno já sabe. É a “captura conceitual”;
- Na terceira variedade, uma concepção é escolhida. Os autores utilizam para ilustrar essa situação, a analogia da eleição para um cargo político na qual, entre dois candidatos, um torna-se prefeito, mas ambos continuam a viver na cidade.

Os autores assinalam que muitas mudanças na visão dos estudantes assemelham-se ao último tipo, em que os indivíduos lembram continuamente da concepção mais fácil.

Chi (1991) também discute a possibilidade da coexistência de dois sentidos para o mesmo conceito, os quais devem ser utilizados em contextos apropriados.

Mortimer (1995) destaca que alguns autores têm tentado demonstrar a dificuldade por parte dos estudantes em abandonarem suas noções cotidianas.

“O trabalho de Galili & Bar (1992), por exemplo, mostra que os mesmos estudantes que tiveram um bom desempenho em problemas familiares sobre força e movimento reverterem a um raciocínio pré-newtoniano de “movimento requer força” em questões não familiares. Os autores concluem que “essa ‘regressão’ a visões ingênuas pelos mesmos sujeitos é uma evidência a mais de que o processo de substituição de crenças ingênuas por novos conhecimentos adquiridos nas aulas de Física é complicado e muitas vezes inconsistente.” (Galili & Bar, 1992, p. 78.apud. Mortimer, 1995, p.64).

“De maneira semelhante, Scott (1987), ao estudar o desenvolvimento de idéias sobre matéria entre alunos da escola secundária, conclui que ‘mudança conceitual’ não parece um título muito apropriado para o que se observa no processo. “No lugar de mudança conceitual parece haver um desenvolvimento paralelo de idéias sobre partículas e das idéias já existentes (...) O desenvolvimento paralelo de idéias resulta em explicações alternativas que podem ser empregadas no momento e

situação apropriados. Não há mudança conceitual do tipo referido por Posner et. al. (1992) como uma acomodação” (Scott, 1987, p. 417. apud Mortimer, 1995, p.64).

A partir da noção de perfil epistemológico de Bachelard, Mortimer sugere que a noção de “perfil conceitual” fornece elementos para o entendimento da permanência das idéias prévias entre indivíduos que passaram pelo ensino formal, deslocando a expectativa em relação ao destino de tais noções, já que se admite que não serão abandonadas. Esta noção procura descrever a diversidade de um conceito quando utilizado em circunstâncias particulares. Segundo palavras do autor, a noção de perfil conceitual pode ser definida como:

“(...) um sistema supra-individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura. Apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente, as categorias pelas quais ele é traçado são as mesmas para cada conceito. A noção de perfil conceitual é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciado pelas experiências distintas de cada indivíduo; e dependente do conteúdo, já que para cada conceito em particular tem-se um perfil diferente”. (Mortimer, 1995, p. 70).

Este autor salienta que não se deve interpretar a ausência de mudanças radicais como um fracasso, pois as noções cotidianas sempre integrarão o perfil conceitual do indivíduo.

Cunha (1999), reforça a idéia da dificuldade de se obter mudanças radicais ao assinalar que

“(...) a Mudança conceitual raramente envolve um abandono completo de uma noção a favor de uma outra. Do contrário, com frequência envolve adição de novas noções, retenção de noções existentes e aquisição de um sentido do contexto no qual a nova noção é mais apropriada”.(Cunha, 1999, p.87).

Porém as críticas ao modelo de mudança conceitual proposto por Posner e colaboradores, não atingem apenas a possibilidade de total abandono das noções alternativas. Outros trabalhos discutem o excesso de racionalidade que permeia o processo.

Posner e Strike (1992) reavaliaram a proposta inicial, buscando articular de forma mais coerente o modelo. Neste sentido, algumas modificações são requeridas:

- Uma enorme gama de fatores devem ser considerados na tentativa de descrever a ecologia conceitual dos estudantes. Motivos e objetivos e suas fontes institucionais e sociais devem ser consideradas.
- Concepções científicas e alternativas são partes da ecologia conceitual dos estudantes. Assim elas devem interagir com outros componentes.
- Concepções científicas e concepções alternativas podem existir em diferentes modelos de representação e diferentes níveis de articulação.

Os autores destacam que a tentativa de descrição da mudança conceitual não possui relações lineares e implicações diretas para o processo de ensino e este não era o objetivo do trabalho desenvolvido em 1982. Além disso, assinalam que em nenhum momento afirmaram que todos os tipos de mudança conceitual ocorrem como uma *acomodação*.

As críticas ao modelo de mudança conceitual proposto por Posner e colaboradores (1982), segundo Pintrich, Marx e Boyle (1993), baseiam-se nos aspectos relatados abaixo:

- 1) As concepções espontâneas dos estudantes desempenham um papel paradoxal no processo de mudança. De um lado, podem impedir que ela ocorra e ao mesmo tempo, formam uma base a partir da qual o indivíduo julgará a validade da nova informação.
- 2) A metáfora da **ecologia conceitual** apresenta várias limitações.
- 3) As quatro condições para que a mudança ocorra não levam em consideração os aspectos motivacionais.
- 4) Questionam a validade de se admitir o aluno como um cientista, já que este último está inserido em uma comunidade que o impele a produzir algo a partir de certos parâmetros, como problemas, métodos, normas e valores que não são compartilhados por um grupo de estudantes.

A proposta de Pintrich et. al. (1993) é ampliar o campo da mudança conceitual, inserindo aspectos do domínio que trata de fatores motivacionais. Os autores destacam que os

“(...) modelos cognitivos são relevantes e úteis para conceitualizar a aprendizagem dos estudantes, mas sua crença em um modelo acadêmico de ensino frio e puramente cognitivo (...) pode não ser adequado para descrever o ensino no contexto de sala de aula.” (Pintrich et. al., 1993, p.167)

Pesquisas sugerem que o processo de mudança conceitual não pode ser descrito como puramente vinculado aos aspectos lógicos e cognitivos. Se de um lado, nas comunidades de Ciências naturais o conteúdo das teorias aceitas é freqüentemente determinado por fatores lógicos e empíricos, a mudança conceitual individual em um contexto de sala de aula não opera da mesma forma. (Pintrich. et. al., 1993, p. 170).

Os autores defendem um modelo mais amplo (*hot*)¹⁰ de mudança conceitual individual, a partir de uma posição construtivista de que tal ação é influenciada por processos pessoais, motivacionais, sociais e históricos.

Os fatores subjetivos e a motivação são encarados como forma de criar um clima de comprometimento do aluno com o trabalho escolar e o conhecimento.

Na proposta do modelo dos pesquisadores os seguintes pontos são evidenciados:

- As relações entre os fatores cognitivos, motivacionais e de sala de aula e as quatro condições para a mudança conceitual são interativas e dinâmicas.
- Os processos cognitivos podem ser influenciados por crenças motivacionais;
- As crenças motivacionais podem ser melhor definidas como situações ou contextos específicos, contrastando com as orientações anteriores em que a motivação era considerada um traço estável da personalidade.

¹⁰ *Hot* em inglês significa quente, ardente, caloroso etc. No contexto do artigo mencionado indica uma forma mais ampla de encarar os processos de ensino e aprendizagem.

Pintrich e colaboradores sugerem ainda algumas condições que devem ser respeitadas no trabalho em sala de aula:

- As tarefas devem ser desafiadoras, significativas e autênticas no sentido de possuir alguma importância para a vida do indivíduo fora da escola;
- O trabalho deve ser estruturado de forma que o aluno possa fazer escolhas e controlar suas próprias atividades;
- Os procedimentos de avaliação devem valorizar outros aspectos que não sejam remetidos à competição, à comparação social ou às recompensas externas.

Novas perspectivas inserem a metacognição na discussão da mudança conceitual.

Gunstone (1991), Gunstone e Northfield (1992) defendem que a mudança conceitual pode ser encarada em termos de reconhecimento, avaliação e reconstrução, ou seja, o indivíduo precisa reconhecer a existência e a natureza de suas noções e deve então decidir se tais concepções devem ser mantidas ou se deve reconstruí-las. Toda a argumentação dos autores baseia-se em três afirmações:

- Cada um de nós individualmente constrói seu próprio significado a partir da experiência.
- Isto implica que a compreensão é individual, e enquanto construções individuais são diferentes (apesar de freqüentemente apresentarem pontos em comum).
- Grande parte das construções que fazemos enquanto geramos nosso entendimento envolve relacionar novas idéias e experiências com aquilo que nós já sabemos e acreditamos.

Gunstone (1991) assinala a importante complementaridade entre **metacognição** e construtivismo:

“Por metacognição eu quero dizer amalgama do conhecimento do estudante, consciência e controle, relevantes para sua aprendizagem. (...) uma aprendizagem metacognitiva apropriada é a que pode

efetivamente assegurar um processo construtivista de reconhecimento, avaliação e, quando necessário, reconstrução das idéias existentes”. (Gunstone, 1991, p. 135 –6).

A discussão de Dushl (1995) acerca da mudança conceitual reconhece no docente o papel de facilitador da aprendizagem. Nesta perspectiva, três classes de informação acerca de como os indivíduos aprendem, constroem e desenvolvem o conhecimento científico e habilidades devem servir como subsídios para a ação docente. Tais aspectos são apresentados no quadro abaixo.

QUADRO 3.2: Campos de informação.

CAMPO	PERGUNTA BÁSICA
Conhecimento epistemológico/ científico	Que conhecimentos, provas ou dados decidimos utilizar e com que objetivo o fazemos?
Habilidades cognitivas/ pensamento	Quais estratégias de raciocínio e de construção de significado analisamos e empregamos?
Habilidades sociais/ de comunicação	Quais são as ações que favorecem a obtenção de informação sobre o conhecimento científico, habilidades de pensamento e habilidades de comunicação?

FONTE: Duschl (1995, p. 4).

Dushl e Gitomer (1991) e Dushl (1995) revelam que o professor pode utilizar as informações dos três campos citados acima para:

- a) o planejamento, a realização e avaliação de tarefas e atividades de ensino;
- b) o acompanhamento e avaliação da capacidade dos alunos para construir significados, adquirir e comunicar o conhecimento científico e para compreender a natureza da ciência.

Nessa perspectiva, as atividades deverão permitir:

- 1) o aparecimento de idéias e explicações por parte dos alunos;
- 2) a discussão e compreensão de tais idéias e
- 3) avaliação e *feedback*.

Os autores argumentam que a chave para uma aprendizagem significativa está alicerçada na noção de *informação útil*.

“A informação útil não se obtém com tarefas de ensino que tenham todos os estudantes trabalhando para obter exatamente os mesmos resultados. A informação útil não se obtém a partir de atividades (tarefas escritas ou perguntas formuladas pelo professor) nas quais se pede aos estudantes que trabalhem com escolhas limitadas (...). E o que é mais importante, a informação útil não é obtida a partir de atividades nas quais os alunos não compreendem os objetivos (...)” (Duschl, 1995, p. 10).

Contudo, este tipo de informação é obtido quando

“(...) as tarefas de ensino se baseiam em soluções a problemas autênticos e com sentido. (...) quando se consegue que os estudantes participem na estruturação do problema e na produção de afirmações que descrevam sua percepção e seu significado. (...) quando se dá aos alunos a possibilidade de analisar e discutir as produções, afirmações e idéias de cada um deles sobre os processos de investigação.(...) quando a atividade na aula se estrutura a partir de práticas científicas empregadas na comunicação, argumentação e explicação de afirmações sobre conhecimento científico, de procedimentos metodológicos e objetivos de investigação.” (Duschl, 1995, p. 10).

Para que essa mudança de postura seja implementada em sala de aula, Duschl (1995) propõe uma seqüência instrucional com cinco passos, denominada *conversaçã avaliativa*. O objetivo é envolver estudantes e professores em um diálogo que inclua uma seqüência de conflitos que gerem acordos e desacordos.

Um elemento chave da proposta é as *conversações avaliativas* que surgem a partir da análise e da discussão da *informação útil* produzida pelos estudantes (*portifólio cultural*).

QUADRO 3.3: Conversação avaliativa.

1. Fazer com que os sujeitos ou grupos participem das tarefas que produzam uma diversidade ou gama de resultados.
2. Conduzir apresentações em público para dar uma idéia precisa da diversidade de esforços e significados.
3. Analisar e discutir as características de tal diversidade concentrando-se no objetivo.
4. Síntese em grupo: Empregar discussões para, na medida do possível, obter uma opinião consensual ou ao menos uma diminuição da diversidade original, fazendo uso dos critérios do objetivo da tarefa.
5. Aplicar o que foi aprendido em uma situação diferente. Analisar novamente uma tarefa já realizada ou empregá-la a outras novas.

FONTE: Duschl (1995, p.10).

No quadro abaixo, Dushl e Gitomer (1991) esclarecem a noção de *portifólio cultural* através de uma comparação com a visão tradicional de ensino.

QUADRO 3.4: Contraste entre a visão tradicional de ensino e a proposta de portfólio cultural.

Cultura Tradicional de Ciência	Cultura de Portifólio de Ciência
Visão de Ciência	
Método científico estritamente hipotético- dedutivo. Epistemologia lógico positivista Distinção sustentável (válida) entre observação e teoria.	Método científico parcial Concepção epistemológica Distinção observação/teoria não persistente (sustentável).
Papel do estudante	
Baixo "input" do estudante/imagem não ativa Significados científicos recebidos Baixo nível de reflexão Uso de estratégias desenvolvidas pelo estudante	Alto "input" do estudante /imagem ativa Significados científicos negociados Alto grau de reflexão Uso de conhecimento estratégico /fundamentado
Papel do Professor	
Disseminador de Conhecimento científico Não participante na construção do conhecimento científico Rigorosa aderência ao currículo prescrito	Artífice do conhecimento científico participante na construção do conhecimento sobre ciência Modifica e adapta o currículo prescrito

Objetivos do Currículo	
Conhecimento científico: o que sabemos	Conhecimento sobre ciência: como e porque nós sabemos
Enfatiza explicações inteiramente prontas	Enfatiza o crescimento do conhecimento e o desenvolvimento da explicação
Amplitude do conhecimento	Profundidade do conhecimento
Conhecimento científico básico	Conhecimento científico contextualizado
Unidades curriculares discretas (distintas)	Unidades curriculares relacionadas

FONTE: Duschl e Gitomer (1991, p. 849).

Frente a tantos modelos e discussões, o desafio do professor no ensino de Ciências parece ser o de confrontar o indivíduo com suas concepções e conceitos que a produção científica oferece, propiciando momentos de reflexão e escolha.

Silveira (1992 apud Peduzzi, 1998) salienta que um

“(...) indicador de que a consolidação de uma nova teoria se deu no aluno é a sua capacidade de responder a situações problemáticas de ambas as formas, de acordo com as concepções alternativas e de acordo com a nova teoria, verbalizando a consciência de que essas respostas estão assentadas sobre teorias diversas”. (Silveira, 1992. apud Peduzzi, 1998, p. 73).

Ainda que o papel do ensino formal não seja o de alterar simplesmente as “teorias” dos sujeitos, traduzidas em suas concepções, pela teoria científica através de uma mudança radical, este deveria ser capaz de proporcionar aos indivíduos a compreensão consciente de ambas, permitindo a aprendizagem do conceito científico através de sua diferenciação das noções cotidianas.

Isto revela a necessidade de que o docente seja preparado para atuar em uma nova perspectiva e adquira conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de Ciências. Assim, a promoção de discussões sistemáticas sobre os resultados de pesquisas referentes aos modelos de mudança conceitual e às

concepções alternativas parece ser uma das atividades que facilitam a construção de uma concepção de ensino como mudança conceitual (Marion et. al. ,1999).

Neste sentido, Hewson e t. al. (1999 - a) argumentam que aceitar que os estudantes possuem concepções que necessitam ser mudadas nos processos de ensino e aprendizagem é uma coisa, porém totalmente diversa de se atribuir ao docente a responsabilidade de se engajar no ensino construtivista.

Tal postura desconsidera o fato de que os docentes também possuem concepções prévias sobre os processos de ensino e aprendizagem, baseadas em suas experiências enquanto alunos e em outras experiências de ensino formal, incluindo os cursos de formação.

Dessa forma,

“(...) os futuros docentes necessitarão passar por uma mudança conceitual com respeito às suas concepções sobre ensino, aprendizagem, ciência e/ou natureza do conhecimento”. (Hewson et. al., 1999 – a, p. 254).

A perspectiva construtivista exige competências que a formação inicial do docente não têm conseguido desenvolver, a começar pela aceitação de novas metodologias de ensino. Este tema é objeto de uma discussão mais profunda no capítulo 5.

4. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Na presente pesquisa, a História da Ciência desempenha um papel fundamental na elaboração das atividades de ensino propostas para o desenvolvimento do curso para formação de professores. É, portanto indispensável que se discuta os argumentos sob os quais se procura justificar a inclusão de aspectos históricos no ensino de Ciências.

Neste sentido, Solbes e Traver (1996) revelam que a linha de investigação que se dedica à análise da História da Ciência e suas implicações para o ensino tiveram início na Universidade de Harvard com o trabalho desenvolvido por J.B. Contant em 1957, quando alunos dos cursos de Ciências humanas começaram a estudar processos chave no desenvolvimento da Ciência, buscando identificar suas implicações filosóficas, sociais etc.

Outras publicações se seguiram e atualmente presenciamos opiniões diversas entre pensadores que ocupam campos opostos: na defesa e oposição à inserção da História como subsídio para o ensino de Ciências. Suas razões serão abordadas no decorrer deste capítulo.

Uma questão mostra-se pertinente nesta discussão: se o campo de pesquisa não é tão recente, porque sua influência não foi tão significativa no ensino e na produção de materiais didáticos?

Para responder essa pergunta, Solbes e Traver (1996) lançam duas hipóteses:

- a) Imagem distorcida do processo de construção da Ciência transmitida nas universidades aos futuros professores;
- b) Dificuldade didática dos aspectos envolvidos nas teorias inviabiliza sua introdução no ensino.

E quanto às pesquisas que discutem o problema? Os autores afirmam que

“(...) grande parte dos trabalhos realizados são bastante teóricos e não mostram dados referentes à investigação em sala de aula na qual se detectam as possíveis carências dos alunos, não oferecem alternativas nem apresentam inovações”. (Solbes e Traver, 1996, p.104).

A maioria dos textos didáticos que pretendem utilizar a História da Ciência como subsídio para o ensino, o fazem seguindo uma receita muito comum: datas marcantes e nomes ilustres. Os conhecimentos científicos são apresentados como uma progressão linear, fruto de descobertas realizadas por cientistas geniais.

Assim, Menezes (1980) salienta que

“(...) no ensino convencional de Física, considerações históricas sobre descobertas etc., tem um papel meramente ilustrativo ou anedótico ao invés de ser parte efetiva do processo educacional. Aprende-se uma ciência que parece estar estruturada marginalmente ao contexto social e às condições sócio-econômicas”. (Menezes, 1980, p. 94).

Porque utilizar a História da Ciência no ensino, como fazê-lo de forma coerente e quais os argumentos que justificam sua inserção como subsídio capaz de gerar contribuições na formação dos futuros docentes são temas que serão discutidos a seguir.

4.1 Algumas críticas à utilização da História da Ciência no ensino de Ciências.

Uma das críticas mais freqüentes à inserção da história no ensino é dirigida ao conteúdo dos manuais utilizados e a visão de ciência que os permeia. Thomas Kuhn (1975) salienta que

“(...) o objetivo de tais livros é inevitavelmente persuasivo e pedagógico; um conceito de ciência deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obtida através de um folheto turístico ou manual de línguas”. (Kuhn, 1975, p.19).

Este autor argumenta que o pouco de história contida nesses manuais freqüentemente apresenta distorções, faz referências dispersas a grandes heróis de épocas anteriores e transmite uma imagem cumulativa e linear do desenvolvimento científico.

“(...) os manuais científicos (e muitas das antigas histórias da ciência) referem-se somente àquelas partes do trabalho de antigos cientistas que podem ser facilmente consideradas como contribuições ao enunciado e à solução dos problemas apresentados pelo paradigma dos manuais. Em parte por seleção e em parte por distorção, os cientistas de épocas anteriores são implicitamente representados como se tivessem trabalhado sobre o mesmo conjunto de problemas fixos e utilizando o mesmo conjunto de cânones estáveis¹¹ que a revolução mais recente em teoria e metodologia científica fez parecer científicos”. (Kuhn, 1975, p. 175-6).

O próprio Kuhn oferece um exemplo bastante significativo:

“Newton escreveu que Galileu descobrira que a força constante da gravidade produz um movimento proporcional ao quadrado do tempo. De fato, o teorema cinemático de Galileu realmente toma essa forma quando inserido na matriz dos próprios conceitos dinâmicos de Newton. Mas Galileu não afirmou nada nesse gênero. Sua discussão a respeito da queda dos corpos raramente alude a forças e muito menos a uma força gravitacional uniforme que causasse a queda dos corpos. Ao atribuir a Galileu a resposta a uma questão que os paradigmas de Galileu não permitiam colocar, o relato de Newton esconde o efeito de uma pequena, mas revolucionária reformulação nas questões que os cientistas colocavam a respeito do movimento, bem como nas respostas que estavam dispostos a admitir. Mas é justamente essa mudança na formulação de perguntas e respostas que dá conta, bem mais do que as novas descobertas empíricas, da transição da Dinâmica aristotélica para a de Galileu e da de Galileu para a de Newton.” (Kuhn, 1975, p.177).

Sanchés Ron (1988) assinala algumas dificuldades na inserção da História da Ciência no ensino de nível médio:

¹¹ Grifo nosso.

1. Os estudiosos da história geral não têm explorado a riqueza dos trabalhos produzidos nas últimas décadas por historiadores da ciência. Conseqüentemente o docente não dispõe de muitas opções quando decide trabalhar com aspectos históricos da evolução dos conceitos;
2. Mesmo um trabalho histórico que envolva uma rigorosa reconstrução não permite evidenciar a existência de um método. Muitas décadas de debates metodológicos parecem não chegar a um consenso de como a ciência evoluiu. O uso também é questionável quando se menciona a questão da “aprendizagem por descobrimento”, na qual o indivíduo deve percorrer todos os caminhos e “tropeçar” em todos os percalços históricos para obterem uma aprendizagem realmente significativa.

Já em nível universitário, Sanchés Ron (1988) argumenta que quase sempre as reconstruções são muito complicadas e exigem que o indivíduo esteja familiarizado com métodos e formas de pensar obsoletos.

Bastos (1998-a) revela que estudos recentes têm demonstrado que a História da Ciência veiculada no ensino superior, fundamental e médio apresenta uma série de problemas:

- *“Incorre em erros factuais grosseiros;*
- *Ignora as relações entre o processo de produção de conhecimentos na Ciência e o contexto social, político, econômico e cultural;*
- *Dá a entender que os conhecimentos científicos progrediram única e exclusivamente por meio de descobertas fabulosas realizadas por cientistas geniais;*
- *Glorifica o presente e seus paradigmas, menosprezando a importância das correntes científicas divergentes atuais, a riqueza dos debates ocorridos no passado, as descontinuidades entre passado e presente etc.*
- *Estimula a idéia de que os conhecimentos científicos atuais são imutáveis.” (Bastos, 1998-a, p. 43).*

Apesar de argumentar em favor da viabilidade do uso da História da Ciência no ensino de Ciências, Bastos (1998 - b) reconhece que muitas tentativas esbarram em dificuldades práticas e questionamentos teóricos, como por exemplo:

1) os currículos escolares não dispõem de espaço para a inclusão de aspectos históricos, 2) o ensino de Ciências tende a mutilar e distorcer os fatos históricos, 3) os textos disponíveis dificilmente contemplam as necessidades específicas do ensino fundamental e médio, 4) o uso de relatos históricos é fator de desmotivação, pois os alunos estão interessados em conhecimentos atualizados, além de gerar confusão por expor o aluno a idéias, problemas, conceitos, teorias e métodos que já foram substituídos.

Entretanto, o autor ressalta que muitos dos argumentos acima descritos não puderam ser corroborados a partir da análise de experiências pedagógicas realizadas.

Ao discutir sobre a inserção da História na Educação matemática, Miguel (1997) relata que, dificuldades como a ausência de literatura adequada ou sua natureza imprópria à utilização didática deveriam ser entendidas mais como um apelo à necessidade da constituição de núcleos de pesquisa do que como um obstáculo ao desenvolvimento das relações entre história e pedagogia.

Não se pode negar que os argumentos apontam problemas de difícil solução que incluem desde a falta de materiais de qualidade que subsidiem a ação docente, passando pela formação do professor e problemas estruturais do ensino, como por exemplo, a fato que currículos já “inchados” não poderiam incluir a discussão de questões históricas adequadamente.

Apesar dos argumentos em contrário, acreditamos na importância do uso da História da Ciência no ensino de Ciências como forma de contribuir para uma mudança de postura diante dos conteúdos.

Ao desmistificar a evolução do conhecimento científico e possibilitar ao futuro docente a oportunidade de refletir sobre suas concepções, experiências e crenças didáticas, muitas delas assumidas acriticamente, as discussões realizadas durante o curso têm como objetivo proporcionar-lhes um crescimento conceitual e o desenvolvimento de novas habilidades didáticas.

Essa discussão é relativamente recente e só poderá ser concluída à medida que as pesquisas em sala de aula mostrem qual é o caminho mais frutífero a seguir.

4.2 Por que inserir a História da Ciência no ensino?

A História da Ciência representa o fio condutor das discussões que permeiam todo o curso proposto para a formação de professores. Isto porque acreditamos que ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica (Castro e Carvalho, 1995).

Não se trata de passar aos nossos alunos estórias recheadas de “curiosidades”, contribuindo para a perpetuação de uma imagem distorcida, linear e composta de muitos “gênios” que “inventaram” teorias sem estudos nem esforços. Nesse sentido,

“Encarar a ciência como um produto acabado confere ao conhecimento científico uma falsa simplicidade que se revela cada vez mais como uma barreira a qualquer construção, uma vez que contribui para a formação de uma atitude ingênua frente à ciência. Ao encararmos os conteúdos da ciência como óbvios, as diversas redes de construção edificadas para dar suporte a teorias sofisticadas apresentam-se como algo natural e, portanto, de compreensão imediata (Robilotta, 1988). Assim, o conhecimento científico, construção sofisticada e gradual da mente humana, passa a ser tomado como algo passível de mera transmissão, de revelação e não de conhecimento a ser elaborado. Esta atitude mostra-se claramente nociva a qualquer tentativa de se aproximar da ciência. A introdução da dimensão histórica pode tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível exatamente por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas também do próprio homem, que, antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece.” (Castro e Carvalho, 1992).

Especificamente no caso da formação de professores, Scharmann (1988, apud Cochran e Jones, 1998) conclui que a oportunidade para que os futuros docentes vissem a Ciência como processo e conteúdo foi um aspecto

crucial no programa de preparação. Uma causa provável apontada é que o conteúdo dos cursos na graduação poderia raramente apresentar a Ciência como um processo de construção e este problema poderia ser acentuado pela limitação ou natureza de “receita de bolo” das experiências de verificação realizadas nos laboratórios.

Gil Perez (1993) relaciona algumas concepções errôneas sobre o trabalho científico que podem ser transmitidas no ensino de Ciências, conforme mostrado no quadro 4.1:

QUADRO 4.1: Concepções errôneas sobre o trabalho científico.

<p>Visão empirista e aleatória: Ressalta o papel da observação e da experimentação “neutras” (não contaminadas por idéias apriorísticas) esquecendo o papel essencial das hipóteses e da construção de um corpo coerente de conhecimentos (teoria). [...].</p>
<p>Visão rígida (algorítmica, “exata”, infalível...): Apresenta o “método científico” como um conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente. Ressalta, por outro lado, o tratamento quantitativo, controle rigoroso etc., esquecendo, e inclusive rechaçando, tudo o que significa invenção, criatividade, dúvida.</p>
<p>Visão não problemática: Transmitem-se conhecimentos já elaborados, sem mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, qual foi sua evolução, as dificuldades e as limitações do conhecimento atual e as perspectivas possíveis.</p>
<p>Visão exclusivamente analítica, que ressalta a necessária parcialização dos estudos, seu caráter delimitado, simplificado, mas que resiste aos esforços posteriores de unificação e construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, o tratamento de problemas de limite entre dois domínios distintos que podem chegar a unir-se etc.</p>
<p>Visão cumulativa, linear: Os conhecimentos aparecem como fruto de um crescimento linear, ignorando as crises, as remodelações profundas. Ignora-se, em particular, a descontinuidade radical entre o tratamento científico dos problemas e o pensamento comum.</p>
<p>Visão de “senso comum”: Os conhecimentos apresentam-se como claros, óbvios, “de senso comum”, esquecendo que a construção científica parte, precisamente, do questionamento sistemático do óbvio. Contribui-se implicitamente para esta visão quando se pratica o <i>reducionismo conceitual</i>, ou seja, quando se apresenta o progresso das <i>concepções alternativas</i> dos alunos aos conceitos científicos como uma simples mudança de idéias, sem considerar as mudanças metodológicas que tal transformação exige, [...].</p>
<p>Visão “velada”, elitista: Esconde o significado dos conhecimentos atrás do aparato matemático. Não se esforça por fazer a ciência acessível, para mostrar seu caráter de construção humana, na qual não faltam nem confusões e nem erros...como os dos próprios alunos. Da mesma forma o trabalho científico apresenta-se como um domínio reservado a minorias especialmente dotadas, transmitindo expectativas negativas a maioria dos alunos, com claras discriminações de natureza social e sexual (a ciência é apresentada como uma atividade eminentemente “masculina”).</p>

Visão individualista: Os conhecimentos científicos aparecem como obra de gênios isolados, ignorando-se o papel do coletivo, dos intercâmbios entre grupos [...].

Visão descontextualizada, socialmente neutra: Esquece as complexas relações C/T/S e proporciona uma imagem dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”, encerrados em torres de marfim e alheios às necessárias tomadas de decisão.[...].

FONTE: Gil Perez, 1993, p.205.

No mesmo sentido que o quadro apresentado, Hewson et. al. (1999-b) relacionam a visão positivista do conhecimento com a concepção de ensino por transmissão. Em um estudo sobre a formação de professores de Biologia na Universidade de Wisconsin, os autores concluíram que a maioria dos participantes iniciou o curso acreditando que o verdadeiro conhecimento existia e poderia ser transmitido à outra pessoa através de boas explicações e demonstrações. Dessa forma não haveria porque considerar a hipótese de um ensino construtivista.

“(...) uma visão positivista do conhecimento constitui a principal barreira para a aceitação de que discutir as idéias dos estudantes em classe seja uma atividade frutífera”. (Hewson et. al., 1999-b, p. 378).

Também, Gagliardi e Giordan (1986) defendem a idéia de que a discussão sobre o ensino de Ciências deve tratar também da questão do conhecimento, não apenas como conteúdo, mas enquanto processo social de produção e apropriação.

Preocupados com uma formação ampla, que permita ao indivíduo adaptar-se a diferentes situações enquanto adquire novos conhecimentos, estes autores assinalam que a

“(...) História da Ciência pode mostrar em detalhe alguns momentos de transformação profunda de uma ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à transformação e quais setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode fornecer as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam dos resultados da atividade científica”. (Gagliardi e Giordan, 1986, p. 254).

A utilização da História da Ciência no ensino neste caso, significa não apenas a sua inclusão nos cursos de Ciências, mas também a sua utilização como “ferramenta” na definição de conteúdos fundamentais no ensino.

Na fundamentação de tal proposta, a noção de “conceitos estruturantes” merece destaque, uma vez que define noções que, ao serem construídas pelo indivíduo, auxiliam a construção de novos conhecimentos. Isto sugere a utilização no ensino de “conceitos estruturantes” que estiveram presentes em momentos históricos de profunda transformação.

“Se um conceito serviu historicamente para superar um obstáculo epistemológico, pode servir também para superar os obstáculos epistemológicos dos alunos atuais”. (Gagliardi e Giordan, 1986, p. 255).

Gagliardi (1988) sintetiza tais idéias, mostrando as possíveis formas de utilização da história e epistemologia no ensino de Ciências:

- Determinar os obstáculos epistemológicos;
- Definir os conteúdos do ensino;
- Introduzir a discussão sobre a produção, apropriação e o controle dos conhecimentos em nível social e individual.

Esta abordagem desloca a preocupação do ensino para uma aprendizagem significativa do estudante, ou seja, que lhe permita superar obstáculos na construção de conhecimentos.

“Isto significa acabar com a repetição de informações que não podem ser compreendidas pelo aluno e começar a estabelecer estratégias e os conteúdos que permitam ao aluno realizar um trabalho cognitivo e poder superar os obstáculos da aprendizagem”. (Gagliardi, 1988, p.292).

Gagliardi (1988) reconhece na determinação das representações dos estudantes um valioso instrumento para se obter seus obstáculos epistemológicos, entretanto ressalta que isto não significa pregar um paralelismo ingênuo entre as concepções dos estudantes e os conceitos historicamente construídos.

Saltiel e Viennot (1985) apesar de considerarem a existência de conexões, destacam certas reservas sobre a interpretação simplista das relações entre as concepções espontâneas dos estudantes e teorias presentes na História da Ciência. Uma delas refere-se ao fato de não se poder desprezar as diferenças culturais, sociais, políticas, econômicas e tecnológicas que nos separam dos nomes que, a seu tempo, ajudaram a construir o conhecimento que ora buscamos compreender.

Além disso, se de um lado encontramos concepções facilmente comparáveis com teorias históricas (o que parece ser o caso do “ímpetus”), existem outras noções defendidas por estudantes, como por exemplo, a que relaciona,

“(...) a rotação da Terra, e da atmosfera, como causa da atração gravitacional, que são dificilmente identificáveis com alguma teoria histórica”. (Sanmarti e Casadella, 1987, p. 56).

A inserção da dimensão histórica no ensino é defendida por Castro e Carvalho (1992) por acreditarem que possa

“(...) tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível exatamente por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas também do próprio homem, que, antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece”. (Castro e Carvalho, 1992).

Matthews (1994) defende que a História e a Filosofia da Ciência sejam incorporadas ao ensino como forma de: 1) contribuir para humanizar a Ciência, revelando interesses pessoais, éticos, culturais e políticos; 2) tornar as aulas mais interessantes; 3) estimular a discussão e a formação do pensamento crítico e 4) superar a simples repetição de fórmulas e equações, muitas vezes sem significado para os alunos.

Monk e Osborne (1997) consideram que a inclusão da História da Ciência no ensino pode contribuir para o desenvolvimento do entendimento conceitual dos alunos, pois: 1) o pensamento histórico fornece paralelos; 2) permite compreender que uma teoria aceita atualmente já foi alvo de severa

oposição e 3) fornece subsídios para que as próprias concepções correntes sejam analisadas de forma crítica.

Acreditamos que a inserção da História da Ciência no ensino

“(...) resulta em um instrumento valioso para os professores: de cara oferece novos horizontes conceituais, ampliando os utilizados para a formação inicial nos casos em que a história da ciência não faz parte do plano de estudos; permite em particular ver como conceitos diferentes dos atuais tem sido articulados de maneira coerente e defendidos por pessoas ilustres, tornando-se difíceis de serem superados. Tudo isto ajuda a não menosprezar as concepções espontâneas dos alunos. Por outro lado (...) permite ver como esta se constrói em um processo vivo, em que o raciocínio lógico não é o único que ocupa um papel de destaque”. (Sanmarti, N. e Casadella, J. 1987, p.56).

Buscar na História da Ciência subsídios para o ensino não significa encarar os indivíduos como meros reprodutores dos caminhos percorridos pelos cientistas ao longo da história, mas sim reconhecer na ciência um processo de construção que encontrou inúmeros obstáculos em seu desenvolvimento, tentando aproveitar essa contribuição na elaboração de atividades que tornem o ensino mais coerente, permitindo ao indivíduo explicitar e compreender suas crenças.

A aquisição de conhecimentos sobre a História da Ciência é de vital importância para o docente que, inserido em uma orientação construtivista, deseje problematizar o ensino e apresentar uma imagem de Ciência mais real, contextualizada e menos neutra (Furió, 1994).

Nesta pesquisa, a utilização da História da Ciência tem como objetivos:

- a) proporcionar uma visão mais adequada de Ciência enquanto processo de construção;
- b) servir como base de elementos de reflexão na definição de temas fundamentais;
- c) Revelar os obstáculos epistemológicos através da semelhança entre concepções alternativas e concepções relativas a teorias científicas do passado, quando possível e
- d) superar os modelos de ensino cujo foco principal seja a mera transmissão dos “produtos” da Ciência.

5. AS PESQUISAS SOBRE A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

A formação do professor de Ciências, inicial e continuada, vem sendo reconhecida como ponto crucial na reforma da educação científica, tendo sido encarada como uma das formas mais eficientes para se alcançar melhorias no ensino. (Adams e Tillotson, 1995; Mellado, 1996; Hewson et. al., 1999–b).

Ao traçar um panorama geral da evolução do ensino de Ciências nas últimas décadas e analisar a questão da formação de professores, Krasilchick (1987; 1996) a relaciona a várias causas, muitas delas extrínsecas ao sistema educacional.

Na fase de pós-guerra, entre as décadas de 50 e 60, quando se buscava o desenvolvimento científico e tecnológico, era imperativa a formação de uma elite que pudesse contribuir para a modernização e industrialização do país. No cenário educacional as propostas de mudanças provinham ainda do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova (1932), que buscava substituir os métodos tradicionais por uma metodologia ativa, do “aprender fazendo”.

O professor que na escola tradicional era visto como um transmissor de conteúdos, passa a ser encarado como um orientador, com a função de facilitar a aprendizagem dos estudantes (Almeida, 2000).

No período compreendido entre as décadas de 60 e 70, os projetos educacionais passaram a incorporar a vivência do método científico como necessária à formação do cidadão. Krasilchich (1987) salienta que se começava a pensar na democratização do ensino destinado ao homem comum.

O auge dos primeiros projetos didáticos financiados pelo Banco Mundial, relacionado ao aumento do prestígio da Psicologia Comportamentalista gerou o desenvolvimento de recursos tecnológicos e didáticos quase autônomos, o que reduziu o papel do professor a uma espécie de aplicador de meios e técnicas na concepção tecnicista.

Assim, enquanto o ensino era pensado como uma comunicação de conhecimentos acabados sobre mentes em branco, e os insucessos, atribuídos aos erros ou à estupidez dos alunos,¹² o conhecimento do conteúdo específico da disciplina era considerado o principal requisito para atividade docente e a formação era baseada unicamente em competências técnicas (Aznar et. al., 2001).

Entretanto, com o surgimento na década de 70 dos primeiros trabalhos da linha de investigação sobre as concepções alternativas e sobretudo a partir da década de 80 quando proliferaram pesquisas visando diagnosticar em profundidade a compreensão conceitual dos alunos antes, durante e depois do ensino formal, além do recente avanço do paradigma construtivista, o papel do professor teve de ser revisto e privilegiado.

A ele caberia ser uma espécie de mediador da aprendizagem dos alunos, desenvolvendo conteúdos potencialmente significativos capazes de se constituir como pontes entre a estrutura cognitiva prévia dos alunos e o conhecimento a ser aprendido. Surgem novas demandas sobre a formação docente, porém a prática continua distante desta mudança paradigmática.

Apesar da preocupação com o tema que se evidencia através do crescente interesse em pesquisas sobre a formação inicial e/ou continuada de professores, os cursos de formação “vêm sendo considerados insatisfatórios desde longa data” (Garrido e Carvalho, 1995) e o ensino continua baseado na tríade: teoria-fórmula-exercícios (Toscano, 1991), desenvolvido quase que exclusivamente através da transmissão verbal de conteúdos por parte do docente (Almeida, 2000; Barros Filho, 2002).

¹² Na suposição de que os alunos vêm para as aulas de Ciências com “mentes em branco”, a aprendizagem deve começar a partir do ponto zero, e quando esta não se processa como se previa, aceita-se que tal dificuldade pode ser superada a partir de uma apresentação mais clara ou mais persistente. Esta forma de encarar a aprendizagem tem influência behaviorista. Nesta perspectiva, os processos de ensino e aprendizagem assentam na idéia de que existe uma relação direta entre um estímulo – do ambiente – e a resposta que provoca – no comportamento do sujeito (Duarte e Faria, 1997).

É clara a constatação de que não basta planejar mudanças curriculares cuidadosas se o docente não recebe uma preparação adequada para implementá-las. (Carvalho e Gil Perez, 1993).

“E não se trata simplesmente de proporcionar aos professores e professoras instruções detalhadas através de manuais ou cursinhos ad hoc”. (Gil Perez, 1996, p. 26).

Com a formação insuficiente que recebem, muitas vezes os docentes chegam a assumir suas funções com conhecimentos extremamente limitados e ambíguos e com uma visão e uma prática de ensino incompatível com os avanços das pesquisas educacionais mais recentes (Villani e Pacca, 1992).

Neste sentido, Fusinato et. al. (2000), afirmam que

“O ensino de Ciências na escola tem sido ministrado, em geral, de maneira pouco compreensível, desinteressante e não contextualizada. Dentre os fatores que contribuem para a falta de êxito no ensino de Ciência ressalta-se a formação inadequada dos professores que, despreparados, conduzem o ensino de forma livresca e fragmentada, não refletindo a natureza dinâmica, articulada, histórica e não neutra da Ciência.” (Fusinato et. al., 2000).

De acordo com Abib (1996), uma revisão dos estudos sobre a formação de professores no Brasil nos últimos anos, revelou três grandes problemas: 1) desarticulação entre teoria e prática; 2) falta de articulação entre a universidade e as escolas de nível fundamental e médio e 3) a desvalorização profissional do professor e dos cursos de licenciatura.

A autora salienta que como consequência dos problemas mencionados, na maioria das vezes temos um docente que:

a) *“Reproduz a desarticulação, as práticas vivenciadas e os valores predominantes em sua formação (Cunha, 1989; Pagotto, 1989; Carvalho e Gil, 1993).*

b) *Apresenta uma prática em sala de aula centrada em mecanismos de transmissão/recepção/fixação de um conteúdo “pronto”, pretensamente neutro, verdadeiro e desvinculado das necessidades de formação de um cidadão crítico e participante de seu meio (Demo, 1992; Tancredi, 1995; Lima e outros, 1995).*

c) *Apresenta uma postura de desesperança e resistência a mudanças (Franchi, 1995).*

d) *Apresenta uma postura muito pouco crítica em relação às características e à importância de seu papel político (Almeida, 1986; Menezes, 1987; Fernandes, 1987).*

e) *Veicula um ensino caracterizado predominantemente por uma abordagem tradicional definida pela função de transmissão pelo professor de um conteúdo que se constitui o próprio fim da existência escolar". (Mizukami, (1983, 1986). (Apud. Abib, 1996, p. 61-62).*

Mesmo em outros países problemas têm sido relatados. Ao analisar os cursos de formação de professores de Física desenvolvidos nos Estados Unidos, McDermott (1990, *apud* Furió, 1994, p. 193) afirma que:

1. As disciplinas são compostas por uma grande gama de conteúdos e pouco tempo hábil para discuti-los de forma satisfatória, o que acaba comprometendo a aprendizagem.
2. O ensino é fundamentado na mera exposição de conteúdos, desenvolvendo nos estudantes uma atitude passiva frente ao conhecimento.
3. A criatividade não é favorecida e os alunos são solicitados a resolver problemas-padrão mediante a repetição de algoritmos, sem contribuir para o desenvolvimento de formas de raciocínio que permitam ao indivíduo abordar situações novas.
4. As práticas de laboratório, além de não contribuir para a compreensão da natureza da Ciência, ainda utilizam materiais que dificilmente serão encontrados nas escolas de nível médio onde o docente irá atuar.

A dissociação entre as formações científica e a pedagógica também tem sido relatada.

O diagnóstico promovido pela Organización de los Estados Ibero-americanos (OEI) sobre a formação inicial e continuada do professor de Ciências e Matemática de nível médio nos países Ibero-Americanos (Bermudez et. al., 1994 *apud* Gil Perez, 1996), revela que a formação limita-se na maioria dos casos, à

soma de cursos sobre conteúdos científicos e cursos sobre Educação, *completamente desvinculados*.

Dessa forma, a formação de professores tem se caracterizado como processos cumulativos de saberes específicos (do conteúdo a ser ensinado) e de conhecimentos sobre Psicologia e Pedagogia, desenvolvidos de maneira não relacionada (McDermot, 1990 apud. Gil Perez, 1996; Carrascosa, 1996; Cudmani e Pesa, 1997 apud Barros Filho, 2002). Alguns trabalhos de síntese mostram que outros autores identificaram problemática semelhante (Gil Perez, 1996).

Outro problema refere-se à separação entre os pesquisadores que propõem projetos inovadores e os professores, que na condição de meros consumidores devem modificar seu desempenho, adaptando-se às propostas (Cunha, 1999).

Neste sentido, Verloop et. al. (2002) afirmam que

“Em muitas inovações educacionais do passado, o professor era visto como um executor (...) de propostas desenvolvidas por outras pessoas. Esperava-se que o docente implementasse tais inovações em concordância com as intenções dos idealizadores (...)”. (Verloop et. al., 2002, p. 13).

Conseqüentemente, Duschl, (1995) constata uma certa relutância por parte dos professores em aceitar e utilizar inovações e afirma que

“(...) tal dificuldade surge do fato de que se deve estabelecer uma nova visão de aprendizagem em sala de aula e os professores têm de participar de mudanças fundamentais de opinião necessárias para que esta nova proposta torne-se realidade. (...) Outra dificuldade é determinada pela concepção que os docentes têm sobre a ciência e seu ensino, que fazem com que eles as considerem basicamente como processos de exploração e as dinâmicas sociais em sala de aula dirigidas a controlar o comportamento dos alunos. Nossos professores não estão acostumados a usar a informação dos alunos para dirigir e revisar a tomada de decisões instrucionais. A maior parte do feedback está relacionada com um bom ou mau comportamento”. (Duschl, 1995, p. 11).

Caldeira (1993 apud. Cunha, 1999) argumenta que grande parte dos conhecimentos que os docentes recebem nos cursos de formação inicial ou continuada, ainda que possam estar mais ou menos legitimados academicamente, não foram produzidos nem legitimados pela prática docente, o que explica a relação de exterioridade que os docentes mantêm com eles.

Assim, a maior parte das inovações educacionais não chega a ser concretizada ou é abandonada após um certo período de tempo, pois os docentes tendem a substituir os novos comportamentos retornando à velha e confortável rotina.

Sintetizando, as práticas construtivistas requerem uma nova visão dos processos de ensino e aprendizagem (Levitt, 2001). Uma vez constatado os problemas, para que possamos sedimentar as nossas intenções iremos partir para a busca de possíveis soluções e propostas de mudança.

5.1 – As pesquisas sobre as relações entre as concepções dos professores de Ciências e sua prática docente.

Ao abordar a formação de professores, Furió (1994) revela que o problema essencial reside no fato de que o ensino tradicional constitui-se em um sistema paradigmático de concepções, crenças, comportamentos e atitudes geralmente extraídos da experiência e conhecimentos anteriores que possuem certa articulação e coerência, fornecendo respostas para a maioria dos problemas do ensino.

Diversos autores (Gil Perez, 1991; Trivelatto, 1995; Hewson, et. al., 1999; Longuini e Nardi, 2000) têm afirmado que ao ingressarem nos cursos de formação, os futuros docentes possuem a concepção do senso comum de que ensinar é uma atividade simples e trivial, que requer apenas um bom conhecimento do conteúdo a ser ensinado. Tais concepções representam sérias dificuldades a serem consideradas nos cursos de formação.

Neste sentido, tem havido um crescente consenso de que as inovações estarão condenadas ao fracasso se continuarem enfatizando o desenvolvimento de habilidades específicas, sem levar em consideração as crenças, intenções e atitudes dos docentes (Trigwel, Prosser & Taylor, 1994; apud Verloop et.al., 2002).

Do ponto de vista construtivista, assim como os estudantes desenvolvem concepções complexas e elaboradas sobre o mundo natural, os docentes desenvolvem concepções de ensino baseadas em sua ampla experiência como estudantes, construindo

“(...) estruturas conceituais nas quais incorporam eventos de sala de aula, conceitos instrucionais e comportamentos socialmente aprovados (...)”. (Hewson et. al. , 1999 –a, p. 250).

Furió (1994) salienta que além das insuficiências com relação aos conteúdos da matéria a ser ensinada, outro aspecto pode limitar gravemente o potencial inovador dos professores: aquilo que eles já sabem sobre o ensino. Tais conhecimentos têm recebido nomes distintos: pensamento docente espontâneo, epistemologia pessoal docente, pré-concepções de senso comum sobre o ensino, teorias implícitas etc.

Ainda alguns estudos (Desaultes, 1993 e Hewson et. al., 1995 apud Aznar et. al., 2001) têm demonstrado que os docentes não possuem sempre concepções uniformes e coerentes sobre a aprendizagem, entretanto, noções como a “transmissão verbal de conhecimentos” ou de “aquisição por simples atividade dos alunos” são muito freqüentes.

A discussão sobre uma formação inicial consistente, que permita ao docente desempenhar suas funções de forma crítica e consciente é vital, pois, a prática docente é fortemente influenciada pelo histórico das vivências do indivíduo, que acaba reproduzindo comportamentos que considerou positivos em seus ex-professores (Cunha, 1989; Braslavsky, 1999). Assim,

“(...) os futuros docentes aprendem mais do que somente o conteúdo nos cursos das áreas específicas. Tais cursos também servem como exemplos de pedagogia, sem considerarmos se tais lições são intencionais ou não”. (Cochran e Jones, 1998, p. 713).

Alguns autores (Pajares, 1992; Putnan & Broko, 1997 apud. Verloop et. al.; 2001) têm indicado que as crenças dos professores sobre os processos de ensino e aprendizagem funcionam como “filtros” para a interpretação de novas experiências e novas informações.

Em um estudo sobre a formação de futuros professores de Biologia na Universidade de Wisconsin, Hewson et. al. (1999-b) concluem que a resistência à mudança de postura pode ser atribuída à dissociação entre as experiências de ensino vivenciadas ao longo da formação científica e as propostas inovadoras de ensino apresentadas nas disciplinas pedagógicas dos cursos de graduação.

Como consequência, muitas inovações educacionais são consideradas impraticáveis pelos docentes por 1) não estarem relacionadas com a rotina de trabalho do professor, gerando incerteza e insegurança, 2) por não corresponderem às suas percepções sobre o domínio ou ainda 3) por representarem idéias conflitantes com a cultura escolar (Brown & McIntyre, 1993; Carlgren & Lindblad, 1991, apud. Verloop et. al., 2002).

Tabachnick e Zeichner (1999) afirmam que os problemas na formação de professores estão fortemente relacionados com as concepções prévias e com as experiências vivenciadas nos cursos de graduação. Os autores argumentam que uma das causas da pouca influência dos cursos de formação na atividade docente provém da incapacidade em examinar e confrontar as concepções de ensino e aprendizagem que os docentes trazem para os programas.

Além disso, os cursos não têm sido capazes de confrontar e superar a lacuna existente entre o modelo de ensino proposto e o modelo tradicional vivenciado durante a formação e presente nas escolas onde o futuro docente deverá atuar.

Neste sentido, Mellado (1996) e Cochran e Jones (1998) argumentam que as pedagogias usadas nos cursos de graduação deveriam se aproximar dos comportamentos desejados para o Ensino Médio. Isto representaria uma forma de acabar com a incoerência de propostas que requerem novos comportamentos de

indivíduos que aprenderam Ciência e como ensiná-la de formas convencionais (Loucks-Horsley et. al., 1998, apud. Levitt, 2001).

Um caso particular de pensamento docente espontâneo refere-se às crenças que os professores têm sobre a natureza da Ciência e do trabalho científico e como tais noções podem afetar suas decisões em sala de aula.

Na pesquisa conduzida por Hewson e colaboradores (1999 a-b) um aspecto que merece destaque é a relação encontrada entre a falta de compreensão da natureza da construção do conhecimento científico, suas concepções sobre os processos de ensino e aprendizagem de Ciências e o exercício de sua prática docente.

Os autores revelam que a maioria dos participantes ingressou nos cursos acreditando que a Ciência é formada por um conjunto de verdades que podem ser transmitidas através de boas explicações e demonstrações de princípios científicos. Problemática semelhante é identificada por Shapiro (1994 apud. Levitt, 2001) ao revelar que no modelo tradicional de ensino, assume-se a existência de um desenvolvido corpo de conhecimentos imutável, correspondente à verdade e passível de transmissão.

Ao desenvolver uma pesquisa com professores em formação, Diaz (2000) revela que a maioria dos participantes crê na objetividade da Ciência, associada a um rigoroso método científico que permite a apropriação dos conhecimentos de forma empírica e indutiva de acordo com a seqüência: observação, formulação de hipóteses, experimentação e teoria.

Apesar da diversidade de concepções, Aznar et. al. (2001) revelam que as visões mais freqüentemente relatadas referem-se à superioridade, objetividade, neutralidade e descontextualização do conhecimento científico.

Alguns autores (Porlán y Martin del Pozo, 1996; Porlán et. al., 1998, apud Aznar et. al., 2001; Hewson et. al., 1999 a-b) têm afirmado que tais noções representam sérios obstáculos para o desenvolvimento profissional dos docentes.

Assim, a visão positivista do conhecimento representa uma barreira à aceitação de uma metodologia construtivista e conduz a um ensino baseado na difusão de informações (Hewson et. al., 1999 –b).

Vimos até aqui que as pré-concepções que os futuros docentes possuem sobre os processos de ensino e aprendizagem e sobre a construção do conhecimento científico representam sérios obstáculos para a aceitação de metodologias inovadoras. Tais resultados de pesquisas suscitam importantes conseqüências para os cursos de formação de professores. É importante salientar que as considerações acima não implicam necessariamente que as concepções dos docentes sejam sempre inadequadas, entretanto, devem representar o ponto de partida de qualquer intervenção ou inovação bem sucedida. (Verloop et. al., 2002).

5.2 – Alguns subsídios e alternativas para a formação inicial de professores.

As discussões apresentadas apontam desafios a serem superados e sugerem algumas reflexões: não se pode ignorar a existência do pensamento docente espontâneo e reduzir a formação dos professores a cursos desconexos sobre conteúdos e inovações.

Se, como vimos anteriormente, o modelo tradicional de ensino e aprendizagem oferece respostas e representa um “porto seguro” para os docentes, existe a necessidade de se criar condições para que o indivíduo construa um novo modelo de orientação construtivista.

Diante deste quadro, que mudanças são necessárias para a melhoria da formação docente?

Ao abordar o tema, Gil Perez (1991) apresenta elementos fundamentais sobre *o que deve saber e saber fazer o professor de Ciências*: • conhecer a matéria a ser ensinada (o que inclui não apenas os conteúdos específicos de uma disciplina, como também aspectos da História da Ciência e da dinâmica do processo de construção do conhecimento); • questionar o pensamento docente

espontâneo; • adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem e a aprendizagem de Ciências; • saber preparar, dirigir e avaliar as atividades dos alunos; • ser capaz de utilizar a pesquisa e a inovação.

Preocupados em oferecer possíveis soluções para os problemas da formação de professores, Gil Perez (1991) e Gil Perez et. al. (1999) afirmam que a mudança na forma de conceber o ensino de Ciências está vinculada a transformações na epistemologia espontânea do professor, em suas concepções sobre o conhecimento e em sua visão sobre a Ciência e suas relações com a sociedade.

Dessa forma, os cursos de Prática de Ensino deveriam ser estruturados a fim de permitir o questionamento de tais noções na tentativa de produzir insatisfações, além de oferecer oportunidades para que os alunos ensinem em ambientes escolares, mesmo que em pequenas disciplinas ou ainda para que participem como monitores junto a um docente mais experiente.

O planejamento e a aplicação de um projeto didático em situações reais de sala de aula parece representar uma grande oportunidade para que o futuro docente reflita sobre sua própria prática e sobre concepções assumidas acriticamente. Vários autores têm apontado tal procedimento como promissor (Eisenhart et. al., 1993; Praia e Cachapuz, 1994; Adams e Krockover, 1997; Villani e Pacca, 1997).

Com base nos subsídios fornecidos pelas discussões anteriores, o que fazer?

A proposta contida neste trabalho visa contribuir com as pesquisas sobre formação inicial de professores, buscando superar algumas limitações e deficiências. Assim, cada etapa sugerida neste estudo tem um objetivo claramente definido.

Acreditamos que o conhecimento acerca das concepções dos professores sobre ensino e aprendizagem e das concepções coerentes com o paradigma construtivista constituem balizas para a condução das atividades formadoras (Villani e Pacca, 1996).

A **primeira etapa** do programa contribui para a explicitação e reflexão das concepções dos futuros docentes sobre os processos de ensino e aprendizagem, sobre a História da Ciência no ensino de Ciências e sobre a construção do conhecimento científico. Como mencionamos anteriormente, resultados de pesquisas recentes (Hewson et. al, 1999-a,b; Marion et. al., 1999; Tabachnick, B.R. & Zeichner, K. M., 1999) têm revelado que as dificuldades na mudança de postura dos futuros docentes e a resistência à aceitação de metodologias de ensino inovadoras devem-se ao seu histórico de formação e às concepções que sustentam sobre o tema. A incapacidade dos cursos de formação em revelar e confrontar tais noções tem sido apontada como uma das mais importantes causas de sua ineficiência.

As atividades que integram a **segunda etapa** da pesquisa contam não apenas com subsídios da evolução histórica do tema atração gravitacional, mas também fornecem elementos de reflexão acerca dos resultados de pesquisas referentes às concepções alternativas e à mudança conceitual. Parece ser extremamente útil que os futuros docentes conheçam detalhadamente os problemas e os testes utilizados para a obtenção de informações sobre as concepções dos estudantes, as respostas mais comuns encontradas na literatura e as atividades e estratégias que possivelmente levam os estudantes a diferenciar suas expressões das concepções científicas (Hewson & Torley, 1989 apud. Villani e Pacca, 1996).

Tais atividades foram reforçadas com leituras e discussões de pesquisas recentes, uma vez que, o desenvolvimento de conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de Ciências é considerado fundamental e integra a proposta.

A discussão de trabalhos inovadores, sobretudo de orientação construtivista, revela um deslocamento da perspectiva do professor em relação à sua função, permitindo ao docente

“(...) lidar com o medo e a ansiedade em relação ao abandono do modelo tradicional de ensino baseado na “transmissão” e a

conseqüente perda de identidade institucional e social". (Villani e Pacca, 1996, p. 364).

Finalmente na **terceira etapa** do curso, o desenvolvimento e a aplicação do minicurso em situações reais de sala de aula no Ensino Médio representa uma oportunidade para que o futuro docente reflita sobre sua prática e os pressupostos que a permeiam, além de contribuir para o desenvolvimento de relações mais complexas entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico (Cochran e Jones, 1998).

Cabe ressaltar que o objetivo dos cursos de formação não é treinar para uma série de competências técnicas e sim proporcionar momentos de reflexão que permitam aos futuros docentes tomar decisões conscientes e fundamentadas.

A participação dos futuros docentes em situações de ensino é importante para que se estabeleçam relações entre a explicitação de suas idéias, a teoria discutida durante o desenvolvimento do curso e suas implicações para a prática docente.

6. RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS.

Nesse capítulo estaremos descrevendo os resultados obtidos a partir do trabalho desenvolvido com os licenciandos matriculados nas disciplinas de Prática de Ensino de Física durante o primeiro e o segundo semestres letivos de 2003.

As atividades foram realizadas em conjunto com o professor responsável pelas disciplinas.

6.1 – Os licenciandos da amostra:

Na disciplina “Prática de Ensino de Física V – 1680” no primeiro semestre letivo de 2003 tivemos 17 alunos matriculados. Desses, entretanto, só pudemos acompanhar 11 participantes que concluíram as atividades da disciplina de “Prática de Ensino de Física VI – 1602” no segundo semestre.

Isso se deve em parte, ao fato de que os alunos eram formandos e estavam cursando outras disciplinas do curso de Física. Quando surgia alguma prova os licenciandos optavam por faltar em nossos encontros para estudar. Além disso, dois participantes abandonaram a disciplina ainda no primeiro semestre.

Contudo, pudemos ainda manter boa parte dos futuros docentes nesse estudo devido ao fato do tempo disponível ser grande e eventualmente chegarmos a desmarcar alguma atividade a fim de, em uma próxima oportunidade contarmos com a presença de todos.

Para preservar as identidades dos participantes optamos por adotar nomes fictícios: Ana, Carolina, Celso, Elaine, Fabiana, Felipe, Gustavo, Karina, Mariana, Renato e Roberta.

Com relação à experiência profissional dos futuros docentes, Ana e Elaine já haviam lecionado em situações reais de sala de aula no ensino fundamental como professoras eventuais. Renato e Gustavo tinham trabalhado com alfabetização de adultos. Felipe, Celso e Carolina estavam trabalhando em escolas particulares de Ensino Médio. Os demais (Fabiana, Karina, Mariana,

Roberta) nunca haviam lecionado e só possuíam experiência em situações de ensino e aprendizagem como estudantes.

6.2 – Etapas da intervenção:

O trabalho desenvolvido nas disciplinas de Prática de Ensino de Física V e VI, durante o ano letivo de 2003 foi estruturado como mostra o quadro 6.1:

Quadro 6.1: Estrutura geral dos momentos de intervenção em sala de aula.

	Momentos da intervenção	Atividades desenvolvidas
Primeiro	Levantamento das concepções iniciais dos licenciandos.	Questionário de concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional. Questionário VOSTS. Questionário sobre concepções de ensino e aprendizagem. Entrevista de grupo focal (focus group) sobre a inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências.
	Desenvolvimento do Curso sobre o tema atração gravitacional. Início do estágio de observação.	Leitura e discussão das atividades 1, 2 e 3.
		Leitura e discussão do artigo: Posner et. al. (1982).
		Leitura e discussão das atividades 4 e 5.
		Debate sobre o texto: “Algumas considerações sobre a evolução das discussões sobre os modelos de mudança conceitual”.
		Atividades 6 e 7.
		Discussão sobre o texto: A inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências.
		Atividades 8 e 9.
		Discussão sobre o andamento dos minicursos.

	Levantamento das expectativas e resistências dos alunos com relação à aplicação do minicurso em situações reais de sala de aula.	Entrevista de grupo focal (focus group).
Segundo semestre letivo	Apresentação e discussão das propostas de minicursos.	Por sugestão dos licenciandos, solicitamos que cada aluno apresentasse um pequeno seminário sobre a proposta do minicurso que havia elaborado antes de aplicá-lo nas escolas de nível médio.
	Aplicação da proposta de minicurso no Ensino Médio.	Suspensão das aulas presenciais.
	Apresentação e discussão dos resultados dos minicursos.	Mini seminário sobre a experiência em sala de aula. Idéias dos participantes sobre a possibilidade de realizarem um ensino de Física diferenciado a partir da inserção da História da Ciência e da utilização das concepções alternativas nos estudantes.
	Levantamento das concepções dos participantes no final do processo.	Questionário de concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional. Questionário VOSTS.
	Reflexões sobre o processo.	Entrega dos relatórios sobre a experiência no estágio de regência.

A fim de permitir uma melhor compreensão do processo, durante o relato das atividades desenvolvidas, dividiremos a análise em quatro momentos, conforme explicitado no quadro 6.2:

Quadro 6.2: Momentos de análise dos dados.

1^o Semestre	O trabalho com os futuros docentes: o curso	Momentos	Elementos de análise
		1 ^o . Momento	Análise das concepções iniciais dos participantes.
		2 ^o . Momento	Análise da participação e resistência dos licenciandos durante as atividades do curso no primeiro semestre letivo de 2003.

2 ^o Semestre	Aplicação da proposta em sala de aula.	3 ^o Momento	As propostas de minicursos e os resultados da aplicação em sala de aula no ensino médio.
		4 ^o Momento	Considerações sobre a evolução dos licenciandos e análise das concepções ao final do processo.

Estaremos a seguir descrevendo e discutindo os resultados obtidos de cada um dos momentos descritos acima.

6.3 - O trabalho com os futuros docentes durante o primeiro semestre letivo: o curso.

Para manter a continuidade no trabalho e não atrapalhar as atividades de estágio dos futuros docentes optamos por desenvolver a pesquisa na disciplina de Prática de Ensino V, com uma carga de quatro horas aula semanais. Os alunos estavam também cursando a disciplina de “Prática de Ensino de Física IV – 1679”, que ficou reservada para o estágio.

O quadro 6.3 procura sintetizar as atividades realizadas em cada um dos encontros.

Quadro 6.3: Atividades realizadas durante o curso.

Prática de Ensino de Física V		
Datas	Assunto(s)	Observações
18/02	Apresentação do plano de curso e calendário. Questionário de concepções alternativas.	
25/02	Definição do projeto de estágio de observação.	Poucos alunos presentes.
04/03	Carnaval	Feriado
11/03	Questionário VOSTS Questionário sobre concepções dos processos de ensino e aprendizagem. Entrevista de grupo focal (<i>focus group</i>).	
18/03	Atividade 1 - As primeiras tentativas de descrição do mundo. Debate sobre as características das concepções alternativas dos estudantes.	
25/03	XV SNEF - Curitiba	Estágio na Unidade Escolar.
01/04	Atividade 2 – O sistema Aristotélico.	

08/04	Atividade 3 – O modelo de mundo Ptolomaico.	
15/04	Semana Santa	Feriado
22/04	Modelo de Posner et. al. (1982). Atividade 4 – Algumas considerações sobre a Física na Idade Média.	
29/04	Texto sobre a evolução das discussões sobre os Modelos de Mudança Conceitual.	
06/05	Atividade 5 – O heliocentrismo de Copérnico. Texto complementar	
13/05	Texto sobre a inserção da História da Ciência no ensino de Ciências. Atividade 6 – As elipses de Kepler	
20/05	Conclusão das discussões da atividade seis.	Apenas duas aulas foram ministradas devido a uma prova que os alunos fariam durante a semana.
27/05	Atividade 7 - A Física de Galileu. Atividade 8 – Os vórtices de Descartes.	
03/06	Não houve aula.	Alunos pediram para serem dispensados para estudar para o Provão ¹³ .
10/06	Atividade 9 – A síntese Newtoniana.	
17/06	Discussão sobre a elaboração dos minicursos.	Poucos alunos presentes.
24/06	Entrevista de grupo focal (<i>focus group</i>).	
01/07	Entrega do relatório e dos planejamentos dos minicursos.	Planejamentos incipientes.

Em uma primeira etapa do programa procuramos utilizar instrumentos que nos permitissem explicitar as concepções dos futuros docentes sobre o tema atração gravitacional, a construção do conhecimento científico, sobre a inserção da História da Ciência no ensino de Ciências e sobre os processos de ensino e aprendizagem.

Como mencionamos anteriormente, resultados de pesquisas recentes (Hewson et. al, 1999-a,b; Marion et. al., 1999; Tabachnick, B.R. & Zeichner, K. M., 1999) têm revelado que as dificuldades na mudança de postura dos futuros docentes e a resistência à aceitação de metodologias de ensino inovadoras

devem-se ao seu histórico de formação e às concepções que sustentam sobre o tema.

Dessa forma, iniciamos a disciplina no dia **18/02** com a apresentação da proposta a ser desenvolvida durante o curso. O docente responsável explicou que a cada semestre procurava diversificar as atividades realizadas, buscando novas formas de contribuir para a formação do docente de Física.

Ficou acertado que durante o primeiro semestre letivo de 2003, os alunos fariam estágio de observação, além de participar das discussões em sala de aula e da preparação de um minicurso sobre o tema atração gravitacional. A proposta deveria ser aplicada em situações reais durante as atividades do estágio de regência a ser desenvolvido no segundo semestre.

Após a apresentação da disciplina, foi solicitado aos alunos que respondessem um questionário de concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional (anexo 2) com o objetivo de evidenciar as possíveis noções dos participantes.

No encontro seguinte no dia **25/02**, devido à proximidade do carnaval, poucos alunos estavam presentes e optamos por acertar detalhes da realização do estágio de observação, procurando orientar os participantes quanto à ética e postura profissional. Além disso, uma lista com as escolas de nível médio da cidade de Bauru e região foi distribuída para os presentes e enviada por e-mail aos demais, com o intuito de facilitar o acesso dos alunos.

No dia **11/03**, realizamos uma breve discussão sobre o andamento do estágio, onde procuramos avaliar se os alunos já haviam feito um contato inicial com as escolas de nível médio. Ficou claro que muitos alunos ainda não tinham sequer definido o local para a realização das atividades.

A seguir, foi pedido que os licenciandos respondessem o questionário VOSTS (anexo 1), com questões de múltipla escolha a fim de compreender suas concepções sobre alguns aspectos da Ciência e a natureza da construção do conhecimento científico.

¹³ Exame Nacional de Cursos (ENC).

Um outro questionário foi passado aos alunos, com questões dissertativas, procurando explorar concepções sobre os processos de ensino e aprendizagem dos futuros docentes (anexo 3).

Na segunda parte da aula, os licenciandos foram organizados em um círculo e nós iniciamos uma entrevista de grupo focal (*focus group*) com questões que buscavam avaliar o que os alunos pensavam sobre a inserção da História da Ciência no ensino de Ciência, procurando evidenciar contribuições e dificuldades.

Dessa forma, iremos analisar os resultados obtidos nesse levantamento inicial que procurava caracterizar as concepções iniciais de nossa amostra.

A fim de manter uma maior veracidade dos relatos, optamos por não corrigir nenhum tipo de erro de linguagem ou expressão eventualmente cometido. As transcrições apresentadas preservam sua forma original.

6.3.1 – MOMENTO 1: Análise das concepções iniciais dos licenciandos.

a) Concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional.

Para este levantamento utilizamos um questionário escrito que foi respondido pelos alunos (anexo 2). Foram aplicadas seis questões que buscavam revelar as noções dos licenciandos sobre os seguintes aspectos: 1) força impressa no lançamento de corpos, 2) necessidade de um meio para a atuação da força atrativa, 3) queda dos corpos e 4) o movimento orbital.

Esses temas aparecem com freqüência nos estudos sobre concepções alternativas e já haviam sido apontados anteriormente como padrões de noções mais comuns (Teodoro, 2000).

Optamos por analisar as concepções dos participantes estabelecendo categorias. Segundo Bardin (1994)

“Classificar elementos em categorias, impõe a investigação do que cada um deles tem em comum com os outros. O que vai permitir o seu agrupamento, é a parte comum existente entre eles”. (Bardin, 1994, p.118).

Utilizamos para tanto o procedimento por “milha”, onde o sistema de categorias não é fornecido e o título conceitual de cada categoria só é definido no final da operação (Bardin, 1994).

Assim, as respostas dos alunos ao questionário inicial foram classificadas em quatro categorias de análise que nós agrupamos da menos elaborada para a mais elaborada e que serão descritas a seguir.¹⁴

CATEGORIA 1:

Incluimos nesta categoria as respostas de modo geral carregadas de impressões do senso comum. São classificados os alunos que se referem corretamente ao movimento de lançamento de corpos não apresentando vestígios da concepção de força impressa, entretanto, a questão da necessidade do meio para a propagação da força atrativa aparece com referência à marcação da balança que deverá marcar um peso menor (ou zero) em uma situação de vácuo. Além disso, no caso do astronauta na Lua, o objeto que ele derruba flutua. Com relação à queda de dois corpos, os licenciandos afirmam que sempre o mais pesado cai primeiro, e sobre o movimento orbital, revelam que há uma região do espaço em que a nave fica em equilíbrio, não cai e nem se perde no espaço ou ainda que astronauta flutua, pois quase não há gravidade.

CATEGORIA 2:

Agrupamos aqui, os estudantes que apresentaram concepções distorcidas a respeito do movimento orbital, afirmando que não há gravidade no espaço. Além disso, descrevem a queda de corpos na superfície da Terra como sujeitos à ação da mesma força atrativa. Entretanto referem-se corretamente ao movimento de lançamento de corpos, não apresentando vestígios da concepção de força impressa e não identificam a necessidade de um meio para a ação da força atrativa.

CATEGORIA 3:

Os alunos classificados nesta categoria novamente apresentam problemas com a compreensão do movimento orbital, entretanto ao invés de ignorarem a presença de uma força gravitacional, os licenciandos fazem referência à sua existência e a um movimento de queda livre, porém não explicitam como o movimento ocorre. No que tange aos demais aspectos pesquisados, os licenciandos referem-se corretamente ao movimento de lançamento de corpos, não apresentando vestígios da concepção de força impressa, não identificam a necessidade de um meio para a ação da força atrativa, descrevem corretamente a queda de corpos na superfície da Terra.

CATEGORIA 4:

As respostas agrupadas nesta categoria são as mais elaboradas. Os alunos reportam-se corretamente ao movimento de lançamento de corpos, não apresentando vestígios da concepção de força impressa, não identificam a necessidade de um meio para a ação da força atrativa, descrevem corretamente a queda de corpos na superfície da Terra. Com referência ao movimento orbital, os alunos referem-se a um movimento circular, a uma força central e uma velocidade tangencial.

O quadro 6.4 revela de forma resumida as características das categorias de análise apresentadas acima.

Quadro 6.4: Características das categorias de análise.

¹⁴ Tal abordagem dos dados foi inspirada no modelo utilizado por outros pesquisadores da área de Ensino de Ciências, tais como Silva (1995) e Covolan (2004).

	Força impressa.	Necessidade de um meio físico.	Queda dos corpos.	Movimento orbital.
CATEGORIA 1	Não há indícios de concepções de força impressa.	Toda força necessita de um meio para se propagar.	Velocidade de queda proporcional ao peso.	No espaço quase não há gravidade.
CATEGORIA 2		Não.	Os corpos caem ao mesmo tempo. Forças iguais.	Não há gravidade no espaço.
CATEGORIA 3		Não.	Os corpos caem ao mesmo tempo no vácuo. Aceleração é a mesma para ambos.	Referência à gravidade e a um movimento de queda livre. Não explícita.
CATEGORIA 4		Não.	Os corpos caem ao mesmo tempo no vácuo. Aceleração é a mesma para ambos.	Referência a um movimento circular, a uma força central e uma velocidade tangencial.

Estaremos apresentando a seguir exemplos de respostas dos estudantes já classificados por categorias e procedendo à análise.

CATEGORIA 1:

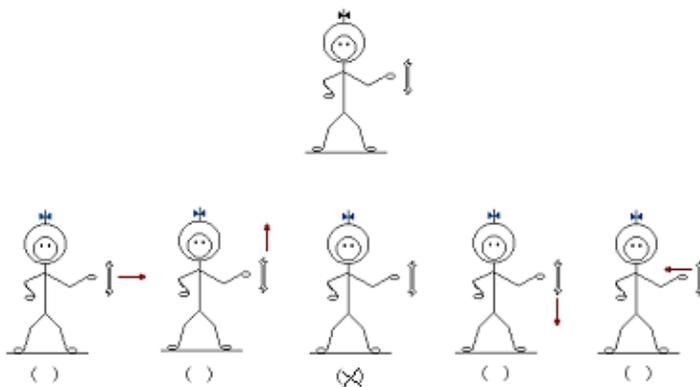
Nesta categoria classificamos três alunas de nossa amostra, Roberta, Ana e Karina. Quando indagadas sobre o lançamento de corpos (questões 1 e 2) as alunas não revelaram nenhum vestígio da concepção de força impressa, descrevendo a força gravitacional como a única força que atua durante o movimento.

A noção de que uma força sempre deve agir na direção do movimento a fim de sustentá-lo, comum em estudos sobre concepções alternativas (Zylbersztjan, 1983; Halloun e Hestenes, 1985; Berg e Brouwer, 1991; Ederstein e Spargo, 1996) não aparece em nenhuma das respostas dos licenciandos da amostra.

Com relação à necessidade de um meio físico para a atuação da força atrativa (questões 3 e 4), as participantes revelam a noção de que ou não há forças atuando em uma situação de vácuo, ou a atração gravitacional é reduzida. Na terceira questão as participantes foram interrogadas sobre o que aconteceria com uma ferramenta se um astronauta a soltasse na superfície da Lua. As alunas

assinaram a opção que indicava que nenhuma força agia sobre o instrumento e que ele deveria flutuar, como no exemplo abaixo:

Karina – (questão 3):



A quarta questão versava sobre uma balança em um ambiente totalmente fechado e submetido à ação de uma bomba de sucção. As alunas deveriam descrever o que aconteceria com a indicação do mostrador.

Roberta – (questão 4): “A indicação da balança irá diminuir pois nesse recipiente o ar foi retirado”.

Karina – (questão 4): “A balança irá marcar nada, ou seja, ficará apontando para o zero”.

Ana – (questão 4): “A indicação da balança irá diminuir, pois sem ar, ela não sofre muito com os efeitos da gravidade.”

É interessante notar que tal concepção tem sido relatada em vários trabalhos anteriores (Zylberstajn, 1983; Halloum e Hestenes, 1985; Ruggiero et. al., 1985; Berg e Brouwer, 1991). O ar parece ser encarado como o meio transmissor da força atrativa e, portanto o peso de um objeto varia ou é nulo na presença do vácuo.

Sobre a queda de corpos com as mesmas dimensões, porém com diferentes massas (questão 5), as alunas revelam que sempre o objeto mais pesado irá atingir o solo primeiro.

Roberta – (questão 5): “O mais pesado atinge o solo primeiro”.

Karina – (questão 5): “Quando abandonamos dois corpos com as mesmas dimensões de uma mesma altura, o mais pesado sempre chega ao solo primeiro”.

Ana – (questão 5): “Aquele que possuir maior massa. A gravidade é a mesma para ambos, porém, a massa de um corpo é maior”.

Para essas estudantes a previsão de queda de dois corpos de mesmo formato, mas massas diferentes revela uma concepção semelhante àquela proposta pela dinâmica aristotélica, ou seja, a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo Whitaker (1983).

No que diz respeito ao movimento orbital, os participantes foram convidados a explicar como uma nave pode permanecer em órbita. As licenciandas classificadas nesta categoria revelam que no espaço quase não há gravidade ou ainda, que deve haver uma região de “equilíbrio” que permitiria tal movimento.

Roberta – (questão 6): “A nave permanece em órbita e o astronauta flutua pois quase não há gravidade no interior da mesma.”

Karina – (questão 6): “O astronauta dentro da nave espacial ficará “flutuando”; isto se deve ao fato de no espaço não haver quase gravidade. A nave só permanece em órbita por quase não haver gravidade no espaço.

Ana – (questão 6): “O astronauta não está sobre a ação da gravidade da Terra, por isso ele flutua. A nave deve estar localizada numa região em que ela não pode cair e nem se “perder no espaço”. Deve estar num ponto onde as forças se neutralizam”.

CATEGORIA 2:

Nesta categoria estão classificados quatro participantes: Fabiana, Elaine, Gustavo e Renato.

No que diz respeito aos aspectos pesquisados, os sujeitos aqui classificados não apresentaram concepção de força impressa no lançamento de

corpos (questões 1 e 2). Descrevem inclusive corretamente a atuação da força de atrito, contrária ao movimento apresentado pelos corpos.

Os licenciandos não relacionam a necessidade da existência de um meio físico para a atuação da força atrativa. Na questão três, referente à queda de uma ferramenta da mão do astronauta na superfície da Lua, todos assinalam a alternativa que indica o movimento de queda do instrumento.

Sobre possíveis mudanças na indicação da balança dentro de uma bomba de vácuo os alunos afirmam:

Renato – (questão 4): “Não acontecerá nada, pois vácuo não significa sem gravidade”.

Fabiana – (questão 4): “A mesma, pois a balança mede a massa do objeto e esta não muda com o vácuo”.

Elaine – (questão 4): “Nenhuma alteração”.

Gustavo – (questão 4): “A indicação da balança continuará a mesma”.

Na quinta questão, referente à queda dos corpos, os participantes afirmam que os corpos caem ao mesmo tempo.

Renato – (questão 5): “Os dois chegarão ao mesmo tempo”.

Fabiana – (questão 5): “Deverão tocar o solo ao mesmo tempo, pois ambos sofrem a ação da mesma força da gravidade”.

Elaine – (questão 5): “Atingirão ao mesmo tempo pois ambos estão sujeitos a mesma força: a gravitacional.”

Gustavo – (questão 5): “A força é a mesma, então eles caem ao mesmo tempo no solo”.

Observe que em nenhuma das respostas aparece a discussão sobre o fato de que os corpos caem aproximadamente ao mesmo tempo e que apenas em uma situação de vácuo, os corpos cairiam ao mesmo tempo. Além disso, as respostas não refletem uma visão newtoniana, já que o argumento mais utilizado é que as forças que atuam nos corpos são iguais.

Sobre o movimento orbital, os alunos classificados nessa categoria afirmam que não há gravidade no espaço.

Renato – (questão 6): “No espaço não há gravidade, sendo assim, não há força peso atuando sobre o corpo tanto do astronauta como da nave.”

Fabiana – (questão 6): “O astronauta não consegue firmar-se no chão porque já não está mais sob a ação da gravidade.”

Elaine – (questão 6): “O astronauta está flutuando, isto é, não tem forças atuantes nele”.

Gustavo – (questão 6): “O astronauta no interior da nave experimenta uma situação de imponderabilidade ou ausência de peso, pois a nave para estar em órbita fica fora do campo gravitacional do planeta, com a ausência de força gravitacional, tanto o astronauta quanto a nave permanecem em uma situação de como se estivessem flutuando”.

A concepção de que corpos no espaço estão fora do alcance da força atrativa tem sido relatada em diversos trabalhos (Zylbersztajn, 1983; Nardi, 1989; Bar et. al., 1994). Em certos casos, o limite de atuação da força gravitacional está relacionado com a atmosfera, justificando o fato de que os movimentos celestes diferem dos movimentos terrestres e que portanto, deveriam ter uma explicação diferente.

CATEGORIA 3:

Aqui estão classificados três participantes: Carolina, Celso e Mariana.

Novamente não há problemas com a força impressa no movimento de lançamento de corpos.

Com relação à necessidade de um meio físico para a atuação da força atrativa, os participantes aqui descritos consideram que a ferramenta do astronauta deverá ser atraída para a superfície da Lua (questão 3) e que a indicação da balança não deverá se alterar por causa do vácuo (questão 4).

Carolina – (questão 4): “Mesmo com a criação desse vácuo a marcação da balança não irá mudar”.

Celso – (questão 4): “A balança só irá marcar 0 kg se não houver carga sobre ela. No entanto, se houver um objeto, ela acusará a massa do objeto.”

Mariana – (questão 4): “Penso eu que não acontecerá nada com os ponteiros da balança, pois a força peso continuará agindo sobre esse corpo e não haverá mudança na indicação.”

Sobre a queda dos corpos, os licenciandos revelam uma discussão um pouco mais detalhada, informando que em uma situação ideal, no vácuo, todos os corpos cairiam exatamente ao mesmo tempo. A justificativa para a queda passa a ser a mesma aceleração a qual os corpos estariam submetidos e não mais a mesma força como descrito na categoria anterior.

Carolina – (questão 5): “Nesse caso, apesar de eles terem a mesma aceleração, os corpos devem cair quase juntos, pois há a resistência do ar. Desprezando-se a resistência, eles chegarão simultaneamente”.

Celso – (questão 5): “Se o experimento for realizado no vácuo, ambos chegarão juntos ao solo. Na presença do ar eles devem chegar aproximadamente juntos.”

Mariana – (questão 5): “Dois corpos só atingirão o solo ao mesmo tempo no vácuo. Se considerarmos que os corpos estão num meio onde tem ar, eles atingirão o solo quase ao mesmo tempo por causa da aceleração que é a mesma para os dois.”

O movimento orbital é novamente ponto de dificuldade. Ao contrário da categoria anterior onde os participantes excluía a gravidade como forma de explicar o movimento da nave espacial e do astronauta, agora os licenciandos fazem referência a ela, porém ainda de forma incipiente, sem revelar uma compreensão adequada sobre o tema.

Carolina – (questão 6): “Ambos (nave e astronauta) estão sentindo a ação da força da gravidade e estão em queda livre e por isso permanecem no ar”.

Celso – (questão 6): “Tanto a nave como o astronauta estão constantemente em queda livre”.

Mariana – (questão 6): “A nave permanece em órbita por causa da ação da força da gravidade que age sobre ela e faz o astronauta flutuar.”

CATEGORIA 4:

As respostas agrupadas nesta categoria são as mais elaboradas que encontramos em nossa amostra e apenas um participante foi classificado: Felipe.

O aluno apresenta noções corretas sobre o lançamento de corpos, não fazendo referência à força impressa. Reconhece que um meio não é necessário para a atuação da força atrativa.

Felipe – (questão 4): “A indicação da balança permanecerá a mesma. A retirada do ar não altera a massa do corpo no prato da balança”.

Sobre a queda dos corpos, o licenciando reconhece que os corpos deverão atingir o solo aproximadamente ao mesmo tempo e que apenas em uma situação ideal, ou seja, no vácuo os corpos devem atingir o solo simultaneamente.

Felipe – (questão 5): “Se a resistência do ar é desprezível, dois corpos chegarão juntos ao solo. Caso contrário, se houver ar eles chegarão aproximadamente ao mesmo tempo.”

A grande diferença nessa categoria em relação à anterior refere-se à explicação do movimento orbital de uma nave espacial. O aluno classificado apresenta uma compreensão mais conceitual do evento como pode ser visto através de sua resposta e do diagrama apresentado abaixo.

Felipe – (questão 6): “Para permanecer em órbita a nave precisa ser lançada com uma certa velocidade, de forma que ela entre em movimento circular, tendo o seu peso como resultante centrípeta. É como se ela estivesse em constante queda livre, sendo atraída para a Terra, só que a velocidade tangencial não a deixa “cair” de verdade. Para o astronauta a sensação é de como se ele estivesse em um elevador em queda livre, parece que ele está flutuando”.

Felipe – (questão 6):



O quadro 6.5 evidencia a distribuição dos alunos pesquisados em categorias de respostas, da concepção menos elaborada (categoria 1) para a mais elaborada (categoria 4).

Quadro 6.5: Distribuição dos sujeitos da amostra por categorias de respostas.

ALUNOS	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4
Ana	X			
Carolina			X	
Celso			X	
Elaine		X		
Fabiana		X		
Felipe				X
Gustavo		X		
Karina	X			
Mariana			X	
Renato		X		
Roberta	X			

As concepções iniciais dos licenciandos sobre alguns aspectos do conceito de gravidade revelam resultados semelhantes aos evidenciados em pesquisas anteriores.

De modo geral, os alunos têm grande dificuldade em relacionar eventos terrestres e celestes, explicando o movimento do astronauta e de sua nave (questão 6) como devido ao fato de não haver gravidade no espaço, ou desta ser muito fraca (resposta apresentada por sete participante nas categorias 1 e 2).

É interessante notar que em nenhum momento houve menção à existência de uma força impressa na direção do movimento de um corpo lançado a fim de mantê-lo (questões 1 e 2).

Também a questão da necessidade de um meio físico para a atuação da força atrativa gera dúvidas e confusões para quatro alunos (questões 3 e 4).

Com relação à queda dos corpos, três alunas ainda sustentam a visão de que a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso.

Tais informações deverão nortear nossa intervenção no sentido de não subestimar as dificuldades dos alunos.

b) Concepções sobre a construção do conhecimento científico – o questionário VOSTS.

A utilização de questões do VOSTS (*Views on Science-Technology-Society*) nesta pesquisa tem como objetivo revelar algumas concepções dos futuros docentes sobre a construção da Ciência e do conhecimento científico.

Isto se justifica, pois alguns autores (Gallagher, 1991; Hewson, Kerby e Cook, 1995; Porlán y Martin del Pozo, 1996; Porlán et. al., 1998, apud Aznar et. al., 2001; Hewson et. al., 1999 a-b; Diaz, 2000) têm afirmado que a concepção de Ciência pode interferir na forma como o docente ensina. Dessa forma, uma visão positivista sobre a construção do conhecimento científico implicaria na adoção de metodologias de ensino baseadas na transmissão e recepção passiva de conhecimentos considerados como verdadeiros e imutáveis, dificultando aceitação de metodologias construtivistas (Hewson et. al., 1999 a e b).

Nesse sentido, foram aplicadas oito questões que versavam sobre os seguintes temas: 1) definição de Ciência, 2) uniformidade do conhecimento científico, 3) a natureza do conhecimento científico, 4) efeito do gênero nas

carreiras científicas, 5) natureza dos modelos científicos, 6) o método científico, 7) a importância do consenso na Ciência e 8) produção do conhecimento.

Optamos por fazer essa análise de maneira geral devido a grande dificuldade de estabelecer categorias para os licenciandos da amostra. Pudemos notar uma grande diversidade de respostas e, em certos casos, o mesmo aluno apresentava concepções contraditórias, mais ou menos elaboradas dependendo do aspecto analisado.¹⁵

É importante salientar que as categorias de respostas apresentadas nos quadros a seguir foram extraídas do questionário VOSTS (Aikenhead e Ryan, 1992)¹⁶ e não das respostas dos participantes, razão pela qual, em alguns tópicos há assertivas que não foram selecionadas.

O quadro 6.6 revela as concepções dos licenciandos sobre a Ciência.

Quadro 6.6: Definição de Ciência.

1. Definir Ciência é difícil porque a Ciência é complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é:	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Um estudo de campos tais como Biologia, Química e Física.											
B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).				X	X	X	X	X	X		X
C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.		X									
D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.											
E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).											
F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um melhor lugar para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).	X		X							X	
G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.											

¹⁵ Para esclarecer mais, nosso interesse é analisar o processo como um todo, sem nos restringir às trajetórias individuais dos participantes.

¹⁶ Com exceção das três últimas alternativas de cada questão (Não entendo; Eu não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha; Nenhuma das opções anteriores corresponde ao meu ponto de vista) que durante uma aplicação preliminar com estudantes da disciplina Prática de Ensino e Estágio Supervisionado na UNICAMP foram avaliadas como supérfluas e prejudiciais à interpretação da informação.

H. Ninguém pode definir Ciência.																				
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

À solicitação para definirem Ciência, os sujeitos da amostra optaram de forma muito significativa (sete indivíduos) pela alínea B, revelando a Ciência como um corpo de conhecimentos. Tal imagem, centrada no conteúdo é consistente com a lógica positivista (Nadeau e Desautels, 1984 apud Aikenhead e Ryan, 1992).

Um dos licenciandos optou pela alternativa C, demonstrando uma concepção exploratória da Ciência e outros três, associam-na com a melhoria na vida das pessoas (alternativas E e F).

Pode-se dizer que os estudantes não relacionam o aspecto social da construção do conhecimento científico (alternativa G).

A uniformidade da Ciência é tema da segunda questão relatada no quadro 6.7.

Quadro 6.7: A uniformidade da Ciência.

2. A Ciência apóia-se na suposição de que o mundo natural não pode ser alterado por um ser superior (por exemplo, uma divindade). Os cientistas supõem que um ser superior NÃO alterará o mundo natural:	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Porque o sobrenatural está além da prova científica. Outras opiniões, fora do domínio da Ciência, podem entender que um ser superior pode alterar o mundo natural.			X	X		X		X		X	
B. Porque se um ser sobrenatural existisse, os fatos científicos, mudariam numa piscada de olhos. MAS os cientistas repetidamente obtêm resultados consistentes.					X						
C. Depende. O que os cientistas entendem por ser sobrenatural depende de cada cientistas individualmente.											
D. Qualquer coisa é possível. A Ciência não sabe tudo sobre a natureza. Portanto, a Ciência deve ser aberta à possibilidade de que um ser sobrenatural pode alterar o mundo natural.	X	X					X		X		X
E. A Ciência pode investigar o sobrenatural e possivelmente pode explicá-lo. Portanto, a Ciência pode assumir a existência de seres sobrenaturais.											

F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos.																				
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Apenas dois estudantes identificaram o conhecimento como construção humana, apresentando uma visão coerente com a epistemologia moderna (alternativas E e F). Outros dois participantes apresentam uma noção ontológica de que o conhecimento científico revela a realidade das coisas que estão postas para serem descobertas (alternativas A, B e C).

Para sete dos licenciandos pesquisados a concepção de que os cientistas fazem descobertas por acaso (alternativa D) é a mais plausível.

Aikenhead e Ryan (1992) sugerem que tal noção pode ser influenciada pela mídia e até mesmo por historiadores da Ciência.

A quarta questão procurava verificar se os estudantes identificavam a influência de valores na produção científica (vide quadro 6.9).

Quadro 6.9: O efeito do gênero nas carreiras científicas.

4. Existem muito mais mulheres cientistas hoje do que se costumava ter antes. Isto fará diferença nas descobertas científicas. As descobertas científicas feitas por mulheres tendem a ser diferentes daquelas feitas por homens. <i>Não há diferença nas descobertas feitas por cientistas masculinos ou femininos.</i>	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Porque qualquer cientista competente, eventualmente fará a mesma descoberta de outro cientista competente.							X				
B. Porque cientistas femininos ou masculinos têm o mesmo treinamento.								X			X
C. Porque, acima de tudo, mulheres e homens são igualmente inteligentes.											
D. Porque mulheres e homens são iguais em relação ao que querem descobrir, em Ciência.											
E. Porque os objetivos da pesquisa são definidos por demandas ou desejos não apenas dos cientistas, mas de outros.											
F. Porque todos são iguais, independente do que fazem.											
G. Porque quaisquer diferenças em suas descobertas são devidas a diferenças entre indivíduos. Tais diferenças não têm nada a ver ao fato de ser homem ou mulher.	X	X			X	X			X	X	
H. As mulheres talvez façam descobertas diferentes porque, por natureza ou por educação, mulheres têm diferentes valores, pontos de vista, perspectivas ou características			X	X							

(tais como sensibilidade por conseqüências).																				
I. Os homens talvez façam descobertas diferentes porque homens são melhores em Ciência do que mulheres.																				
J. As mulheres igualmente podem talvez fazer melhores descobertas que os homens porque são geralmente melhor do que os homens em coisas como instinto e memória.																				

Neste caso específico, discutia-se a questão das sub-culturas masculina e feminina e seu alcance nas decisões científicas.

Algumas pesquisas sobre a produção do conhecimento científico (Bleier, 1988; Keller, 1983; Longino, 1983 apud Aikenhead e Ryan, 1992) têm demonstrado que os valores contextuais de cada sub-cultura influenciam a construção do conhecimento.

No quadro acima, apenas dois estudantes revelam a noção de que as sub-culturas podem influenciar as decisões e, portanto, o conhecimento produzido por homens e mulheres (alternativa H).

A maioria dos estudantes pesquisados ignora a influência do gênero na produção científica (alternativas A a G).

A quinta questão (vide quadro 6.10) procurava investigar se os participantes encaram os modelos científicos como cópias da realidade (concepção ontológica) ou como construções humanas (visão epistemológica).

Quadro 6.10: A natureza dos modelos científicos.

5. Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
Os modelos científicos <u>SÃO</u> cópias da realidade:											
A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros.											
B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros.		X	X					X			X
C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrar-nos a realidade ou nos ensinar algo a respeito dela.											

D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa.	X				X	X	X			X	X	
Os modelos científicos NÃO SÃO cópias da realidade:												
E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações.												
F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias.												
G. Porque estes modelos devem ser idéias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode ver a coisa real.				X								

De acordo com a tabela acima, podemos perceber que apenas um estudante identificou o conhecimento como construção humana (alternativas E, F e G).

Quatro participantes apresentam uma concepção ontológica, encarando os modelos como cópias da realidade (alternativas A – C). Tal concepção é compatível com o que Nadeau e Desautels (1984 apud Aikenhead e Ryan, 1992) chamam de “realismo ingênuo”, ou seja, o conhecimento científico é visto como reflexo das coisas como realmente são.

Os outros seis licenciandos apresentam uma visão intermediária, não compatível com uma visão puramente epistemológica, pois ainda revela indícios de realismo ingênuo (alternativa D).

A sexta questão (vide quadro 6.11) versava sobre a compreensão dos participantes sobre o método científico. Aikenhead e Ryan (1992) revelam que atualmente os epistemólogos concordam que não há um método rígido.

Quadro 6.11: O método científico.

6. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do método científico.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. O método científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do método científico.	X							X			
B. O método científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós aprendemos na escola.											
C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas <i>usarão também</i> originalidade e criatividade.		X	X	X	X	X	X		X	X	
D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade).											
E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico.											X

A maioria dos estudantes pesquisados (10) crê em uma forma definida de fazer ciência através da utilização do método científico (alternativas de A – C). Nenhum dos participantes escolheu a alternativa compatível com a visão da epistemologia contemporânea de que não há um método rígido como aquele proposto inicialmente em etapas (alternativa D).

A opção de que muitas descobertas são acasos, também presentes na terceira questão, surge aqui novamente e foi assinalada por um dos licenciandos (alternativa E). É interessante notar uma certa contradição nas respostas já que na terceira questão sete licenciandos descreveram a Ciência como descobertas casuais.

Os futuros docentes também se mostram divididos sobre a questão do consenso na Ciência (vide quadro 6.12).

Quadro 6.12: A importância do consenso em Ciência.

7. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
Os cientistas que propõem uma nova teoria DEVEM CONVENCER outros cientistas:											
A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira.		X			X		X				X
B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria.											
C. Porque quando um número de cientistas discute uma teoria e suas novas idéias, os cientistas provavelmente irão revisar ou atualizar a teoria. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas.				X		X			X	X	
Os cientistas que propõem uma nova teoria NÃO DEVEM CONVENCER outros cientistas:											
D. Porque a evidência provada fala por si mesma.								X			
E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos, decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria.											
F. Porque um certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.	X		X								

Como pode ser observado na tabela acima, enquanto quatro alunos acreditam na importância do consenso para o desenvolvimento científico (alternativas B e C), três o rejeitam simplesmente. (alternativas D – F).

Outros quatro alunos acreditam ingenuamente que o consenso é conseguido através da demonstração de resultados conclusivos que mostram que a teoria é verdadeira (alternativa A). Para Nadeau e Desautels (1984 apud Aikenhead e Ryan, 1992) nessa concepção há indícios de “experimentalismo crédulo”, ou seja, a experimentação torna possíveis verificações conclusivas de hipóteses.

Na oitava questão (vide quadro 6.13), os participantes eram convidados a refletir sobre a produção do conhecimento científico. Dois alunos revelam uma visão de ciência compatível com a visão da epistemologia moderna de que há

uma constante reconstrução (alternativa B). Outros três alunos crêem em uma concepção compatível com o modelo de Popper de que o conhecimento evolui desaprovando o conhecimento do passado (alternativa A). Os demais alunos crêem que os fatos não mudam, possuem uma visão cumulativa do conhecimento (alternativas C e D).

Quadro 6.13: A produção do conhecimento científico.

8. Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações pode mudar no futuro.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original "correta".					X				X		X
B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.						X				X	
C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis		X		X							
D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.	X		X				X	X			

A análise dos dados apresentados nesse instrumento permitiu uma idéia, ainda que superficial, do que nossa amostra de licenciandos pensa sobre a Ciência.

De uma maneira geral, pudemos perceber várias distorções nas concepções dos licenciandos sobre alguns aspectos da natureza da Ciência.

A Ciência é vista pela maioria (sete sujeitos) como uma enciclopédia de fatos estabelecidos, sem admitir o caráter social de sua construção.

A uniformidade da Ciência é apontada por seis dos envolvidos. Entretanto, para cinco dos participantes a postura criacionista é totalmente plausível, ou seja, estariam dispostos a admitir a intervenção de uma divindade no mundo natural.

Não há uma visão uniforme sobre as teorias científicas, vistas por sete licenciandos como descobertas casuais, enquanto o restante dos participantes se divide entre uma concepção puramente ontológica ou epistemológica.

A questão da influência dos valores contextuais das sub-culturas é ignorada por nove dos participantes. Outros dez crêem em modelos científicos reproduzindo a realidade a ser descoberta (visão ontológica).

O método científico e seus passos rígidos são aceitos por dez sujeitos como imprescindíveis ao desenvolvimento da Ciência, admitindo-se uma forma exata de se obter o conhecimento científico.

A necessidade do consenso entre os grupos de pesquisadores é ignorada por sete indivíduos. Quanto à produção científica, dois participantes revelam uma noção compatível com a epistemologia moderna de que haveria uma constante reconstrução do conhecimento, enquanto outros seis crêem em uma imagem cumulativa da Ciência.

Podemos concluir que os licenciandos não desenvolveram uma noção coerente e uniforme sobre a Ciência que pretendem ensinar, e suas pré-concepções poderão influenciar a maneira como ensinam e suas decisões em sala de aula.

c) Concepções sobre a utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências – A entrevista de grupo focal.

Durante a entrevista de grupo focal realizada com os alunos, procuramos identificar suas concepções sobre as possibilidades da utilização da História da Ciência no ensino. Foram levantados aspectos referentes ao que os alunos determinaram como vantagens e dificuldades de se introduzir a História na prática docente. A análise das repostas revelou dados, em um certo sentido, semelhantes a alguns aspectos discutidos na literatura recente sobre o tema.

Quando indagados sobre as vantagens da inserção de aspectos históricos no ensino de Física, quatro aspectos foram citados pelos participantes:

- 1. Motiva:** a introdução da História aqui é vista como meio capaz de despertar o interesse pelas aulas de Física, o que facilitaria a aprendizagem dos alunos. Esta concepção foi expressa por todos os participantes da amostra. A seguir, apresentamos alguns relatos:

Roberta - “Eu acho importante porque ela vai deixar para os alunos do Ensino Médio mais interessante o estudo. Então se você tem a História da Ciência junto ou depois, então primeiro você vai falar de onde veio, vai se tornar mais interessante e os alunos vão se interessar mais, na minha opinião”.

Gustavo - “Seria uma bagagem a mais para o professor que iria transmitir para os alunos, né? Diante da idéia que nós falamos, quando está se explicando um tópico, alguma coisa, então você fala alguma coisa interessante que aconteceu, né? De como descobriram aquele fenômeno, aquele conceito, como foi desenvolvido aquilo. Então você esclarece os alunos, né, o porque na época foi interessante pesquisar aquilo e como se chegou. (...). Ajuda a tornar a aula mais interessante, mas não vamos dizer assim, uma coisa demasiada. Seria algo simplesmente para cativar os alunos e chamar a atenção dos alunos”.

Felipe - “Aí pode ser uma historinha que contaram para motivar o aluno, mas aquilo se bem dosado, se bem usado tem toda uma contribuição. Vai chamar a atenção do aluno, talvez pode até fazer com que ele pare e pense no que é o conceito”.

Tal aspecto da inserção da História da Ciência no ensino é defendido por alguns autores (Castro e Carvalho, 1992; Matthews, 1994) por acreditarem que possa, entre outras contribuições, tornar as aulas mais interessantes.

- 2. Desmistifica:** a História permite aproximar a Ciência do indivíduo, o que tornaria o conhecimento não apenas mais interessante como também mais compreensível.

Fabiana - “Eu acho assim, hoje a gente estava fazendo um trabalho sobre a velocidade da luz, aí estava lá explicando como que o Fizeau começou a estudar, começou a tentar medir a velocidade da luz. Então

você vê que o raciocínio dele inicial foi muito simples, uma coisa assim, não foi uma coisa assim sofisticadíssima, né? Então eu acho que traz a Ciência mais próxima do aluno, da gente mesmo. Pra gente, depois que eu li, parece que ficou uma coisa assim, um pouco mais simples de compreender. Toda vez que eu for falar de velocidade da luz eu vou explicar como é que o cara conseguiu dizer que a luz viaja a tantos mil k/s, né? Acho que traz mais pra... uma coisa mais simples, mais racional”.

Renato - “(...) o aluno vai adquirir o raciocínio, ele vai começar a pensar da mesma maneira que a pessoa que descobriu aquilo estava pensando. Então vai ficar muito mais fácil pro aluno, ele vai começar a acompanhar o raciocínio daquela pessoa, né? Então eu acho que isso seria algo natural, que deveria ser natural, entendeu? Ele vai ver que nada é assim tão impossível”.

Nessa abordagem, a História da Ciência seria incorporada ao ensino como forma de contribuir para humanizar a Ciência (Matthew, 1994).

3. Oferece uma visão de ciência em construção: a concepção de processo aparece nessa categoria.

Elaine - “Eu acho que torna o aluno mais crítico porque muitas vezes ele pensa que aquilo está terminado. Alguma coisa na Ciência: Ah é assim! E muitas vezes não é, né? A coisa está se construindo. Eu acho que o papel da História da Ciência seria esse: deixar o aluno mais crítico”.

Fabiana - “É porque é como ela (Elaine) disse, a história não acabou, a história está acontecendo”.

Felipe – “Você não sabe se a verdade de hoje vai ser verdade amanhã também ou não”.

Estimular a discussão e a formação do pensamento crítico além de fornecer subsídios para que as próprias concepções correntes sejam analisadas de forma crítica são possíveis contribuições da inserção da História que têm sido apontadas em trabalhos anteriores (Matthews, 1994; Monk e Osborne, 1997).

4. Cultura geral: aqui a inserção de aspectos históricos é vista apenas a partir de um caráter informativo.

Celso - “O fato de o aluno aprender um pouco mais de História, cultura geral”.

Mariana – “É uma coisa a mais que a pessoa aprende. Conhecimento não ocupa espaço”.

Com relação às dificuldades que enfrentariam, os alunos citaram os seguintes aspectos:

1. Falta de tempo nas aulas: as poucas aulas disponíveis, além da necessidade de se cumprir o programa curricular é apontado pelos alunos como fator que impossibilitaria a inserção da História no ensino.

Fabiana - “O problema é o tempo da aula”.

Mariana - “O professor tem que cumprir o programa, se ele ficar dando História, ou contando História e todo o contexto que tem que contar ou teria que contar, entre aspas, não vai dar tempo de cumprir o programa e fica pela metade”.

Roberta - “Tem pouco tempo, a matéria tem muito pouco tempo e se o objetivo é passar fórmula, é passar o conceito, não vai dar tempo de passar a História. [...] pra introduzir a História da Ciência junto com o conceito e junto com a matemática que seria tá passando as fórmulas, é muito pouco tempo, e...são duas horas/aula por semana. Então eu vejo assim, é muito pouco tempo. ”

Gustavo – “Acho que não daria porque o professor tem um programa a cumprir, né?”

2. Preconceito dos alunos: os futuros docentes relatam a dificuldade que enfrentariam em convencer os alunos que uma atividade diferenciada não significa perda de tempo.

Carolina - “Preconceito por que os alunos acham que o professor vai chegar lá e vai jogar um monte de fórmulas na lousa. Física pra eles nada mais é do que a matemática, a parte matemática da Física, aquilo lá... (...) é mecânico, é você chegar e resolver uma fórmula, então se você chegar e introduzir a história da Física, a história, algum texto daquilo, eles vão ficar olhando pra você e falar: pra que isso? Eu quero fórmula, o vestibular não vai me pedir isso”.

Roberta - “Sabe porque é que eu acho que o aluno se interessa mais pela fórmula, acha que é mais importante? Porque quando você coloca uma fórmula na lousa eles vão ficar: - nossa aquilo é muito difícil, tem que prestar atenção... é aquilo que tá ali, o conceito tá naquela fórmula. E se você falar ou escrever alguma História ou alguma coisa na lousa: - ah isso não tem importância, isso não vai cair na prova.

Celso - “Os exercícios que são aplicados depois da aula, eles valorizam as fórmulas, nenhum exercício pede conceito, é difícil”.

- 3. Falta de conhecimento sobre o tema:** os licenciandos revelam a dificuldade em ensinar a partir de uma metodologia diferenciada sem os subsídios históricos necessários.¹⁷

Elaine - “Teria que estudar História”.

Fabiana - “É uma dificuldade pessoal”.

Celso - “Nós nunca estudamos isso em nenhuma disciplina”.

Carolina - “Acho que isto ainda falta pra mim. Apesar de eu estar numa universidade, isto ainda falta pra mim, pra todos nós aqui. Porque a gente não tem uma matéria que fale sobre isso. Olha, vamos estudar agora o contexto histórico da Física naquele momento, porque daquela coisa, daquela teoria naquele momento”.

Gustavo: “Também porque os professores (universitários e do Ensino Médio) não estão preparados para dar esta pequena introdução da história e depois entrar no conceito”.

¹⁷ A disciplina de Evolução dos Conceitos da Física só é ministrada no último semestre do curso de Licenciatura em Física.

- 4. Tempo para o professor preparar as aulas:** o fator econômico é citado neste aspecto, revelando o pouco tempo disponível para o planejamento das aulas já que os docentes devem assumir cargas horárias completas.

Renato - É, mas aí que tá, envolve tempo. Tem...você vai dar aula no Estado, tem que dar 8 horas de aula por dia pra poder ganhar um salário razoável e daí você vai pesquisar que hora?

Gustavo – “Eu acho que bate-se muito no professor, mas ganhando o que ele ganha e trabalhando em período integral, como ele vai trabalhar algo diferente? Algo que exija dele um estudo maior? Ele acaba fazendo o arroz com feijão que é mais fácil”.

- 5. Falta de materiais disponíveis:** os alunos assumem desconhecer bons materiais didáticos que poderiam subsidiar o trabalho docente.

Renato – “Difícil. Inclusive a gente tava analisando em outra aula, a gente tava analisando, foi esses dias, acho que duas semanas atrás, alguns livros, inclusive o livro do GREF porque é um material alternativo, assim. Ou os livros...assim a História é colocada é...muito assim, é pouca e não é uma História assim pra ajudar o aluno a construir o conhecimento, é uma História didática, sei lá...quando o cara nasceu, morreu, assim...aquela coisa bem superficial. Não ensina o aluno assim, a construir o conhecimento com o que a pessoa realizou...é uma questão de informação, sabe? Só de caráter de informação.”

Carolina – “Tá lá no rodapé” (sobre considerações históricas presentes nos livros didáticos).

Renato – “Não tem nada de pronto, algo que você possa pegar e falar: - vou usar esse material. Você não pode se fixar num material, você vai ter que correr atrás de um monte de coisa”.

Felipe – “Quando você for dar aula, você vai ter que pesquisar...”

Esta dificuldade, relatada pelos alunos tem sido apontada na literatura como um fator que impossibilitaria a inserção da História da Ciência no Ensino.

A maioria dos textos didáticos que pretende utilizar a História da Ciência apresenta os conhecimentos científicos como uma progressão linear, fruto de descobertas realizadas por cientistas geniais.

Thomas Kuhn (1975) argumenta que o pouco de história contida nesses manuais freqüentemente apresenta distorções, faz referências dispersas a grandes heróis de épocas anteriores e transmite uma imagem cumulativa e linear do desenvolvimento científico. Sanches Ron (1988) afirma que os estudiosos da história geral não têm explorado a riqueza dos trabalhos produzidos nas últimas décadas por historiadores da ciência. Bastos (1998-b) revela que os textos disponíveis dificilmente contemplam as necessidades específicas do ensino fundamental e médio. Conseqüentemente o docente não dispõe de muitas opções quando decide trabalhar com aspectos históricos da evolução dos conceitos.

O quadro 6.14 procura sintetizar as concepções sobre a inserção da História da Ciência no ensino relatadas durante a entrevista de grupo focal.

Quadro 6.14: Síntese das concepções relatadas pelos alunos durante a entrevista.

VANTAGENS	Motiva
	Desmistifica
	Visão de Ciência como Processo
	Cultura Geral
DIFICULDADES	Falta de tempo nas aulas
	Preconceito dos alunos
	Falta de conhecimento sobre o tema
	Tempo para o professor preparar as aulas
	Falta de materiais adequados disponíveis

A resistência à adoção de uma nova metodologia de ensino pode ser percebida em diversos momentos da fala dos participantes. Várias são as justificativas apresentadas para que não se tente introduzir mudanças.

1. Falta de interesse dos alunos:

“(...) lá na escola onde eu fiz estágio, você não sente interesse. Eu não estou querendo ser totalmente negativa, né, mas... Você sente interesse ali num cantinho, mas no geral...parece que eles perderam o interesse.”

“(...) o aluno já chega desinteressado por que, no ensino fundamental ele já foi aprovado sem ele precisar estudar, então faz com que ele não queira saber de nada”.

2. Falta de conhecimentos prévios:

“(...) mas aí tem o negócio da bagagem, né? Porque não adianta você chegar lá numa turma de 2º colegial pra trabalhar com Termo e Ondas, e daí? Eu vou ensina-los a pensar? Eu acho complicado, com 4 aulas semanais....trabalhar com a Física “pensante”. (...) ajudar o aluno a pensar, raciocinar sozinho, a tirar informações da bagagem que ele tem eu acho complicado.

“(...) mas a gente discute e discute aqui, mas o aluno chega para a gente no Ensino Médio já com uma vivência muito ruim, né? Um a falta de cultura e de educação muito grande. É complicado tentar fazer alguma coisa diferente se eles não tem os pré-requisitos”.

3. A História deveria ser introduzida desde o ensino fundamental:

“(...), mas eu acho importante também que nesse negócio de História da Ciência tem que ser não só introduzido no Ensino Médio, tem que começar desde quando a pessoa é criança. Ele tem Ciências na escola desde a primeira série praticamente. (...) Eles não foram inserindo esses conhecimentos na gente, daí chega lá no ensino médio, chega lá na hora de estudar mesmo, que aperta por causa do vestibular, você não consegue, não tem tempo mais de aprender. Você não aprende aquilo na sua vida, você vai aprender aquilo lá em um ano? E daí só dá tempo de dar fórmulas...”

“(...) o legal é você ir introduzindo a História, não dá pra gente pegar e no ensino médio querer ver... abruptamente introduzir a História da Ciência. Eu acho que tudo isso tem que vir de uma forma crescente, né? [...] Então colocar abruptamente Ciências no ensino médio, falar de

História da Ciência assim de repente eu acho que cria um pouco de preconceito, no caso”.

4. A escola pública está em descrédito, afetando a auto-estima dos alunos:

(...) “hoje o que acontece é que a escola, de um modo geral, a escola pública mesmo tá em descrédito, né? Em relação à sociedade. Por que...o desinteresse, hoje a gente tem que discutir o desinteresse dos alunos, né? Não só pela Física, mas por todas, todas as matérias, né? Porque a gente enfrenta muitos problemas no ensino médio.”

“(...) eu acho que a falta de interesse dos alunos começa aí, falar que a escola pública tá em descrédito. Isso atinge a auto-estima dos alunos”.

5. Baixos salários e péssimas condições de trabalho:

“(...) Porque a gente também tava falando que a gente tem que incentivar o aluno a estudar, a aprender, desenvolver metodologias, tudo, tudo, mas que incentivo que dá pro professor, qual que é? R\$ 600,00 de salário por mês? O professor precisa comer, precisa sustentar a família. É muito bonitinho falar assim: ah o professor tem que fazer o papel social. E aí como é que ele vive? O Estado dá incentivo? Dá condição de trabalho? Você tem que ir numa escola onde você tem que enfrentar aluno com faca, com revolver, e aí?”

Embora tenham sido capazes de identificar alguns aspectos da utilização da História da Ciência no ensino discutidos na literatura sobre o tema, os licenciandos mostram uma visão ainda muito arraigada no ensino por transmissão.

Mesmo admitindo sua importância, a inserção de elementos históricos é freqüentemente relacionada ao fato de se contar fatos e curiosidades como forma de introduzir um tema, chamando a atenção dos alunos.

“(...) eu acho que vai ser muito fácil o aluno entender o que você está querendo transmitir se você começar a falar da mesma maneira que aquela pessoa que descobriu tal coisa pensou, entendeu?”

“(...) então começar com a História, contando um pouquinho da história para motivar os alunos, para depois transmitir o conceito, fazer a motivação do aluno para depois você fechar o conteúdo com alguns cálculos”.

A resistência à mudança frente aos processos de ensino e aprendizagem relatado acima é coerente com os resultados de Hewson et. al. (1999 – a e b), que relacionam as concepções prévias dos futuros docentes sobre o tema, além do conhecimento estático e fragmentado do conteúdo e a concepção positivista da construção do conhecimento científico como elementos que dificultam o desenvolvimento de uma postura construtivista.

d) Concepções sobre alguns aspectos dos processos de ensino e aprendizagem.

Neste tópico apresentamos um breve levantamento de algumas noções dos licenciandos sobre os processos de ensino e aprendizagem.

As questões deste instrumento (anexo 3) eram dissertativas e as categorias apresentadas no quadro 6.15 foram extraídas das respostas dos participantes.

Quadro 6.15: Síntese das concepções relatadas pelos alunos.

Opiniões dos futuros professores sobre alguns aspectos dos processos de ensino e aprendizagem.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
1. Pretende ser professor.	x		x	x	x	x			x	x	x
2. As principais dificuldades da profissão docente estão relacionadas: a) À falta de interesse dos alunos, baixos salários e péssimas condições de trabalho.		x	x	x			x	x	x	x	x

b) À burocracia das escolas e a falta de reconhecimento do trabalho.	x				x	x						
3. O aspecto gratificante da atividade docente refere-se:												
a) À aprendizagem dos alunos.		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
b) À possibilidade de atuar em uma escola aberta à inovações.	x		x									
4. Uma boa aula deve:												
a) Ser bem preparada com variadas fontes de consulta.	x				x		X		x	x	x	
b) Conter experimentos.				x				x				
c) Considerar as concepções dos estudantes.		x	x									
5. A avaliação da aprendizagem dos alunos deve ser feita a partir:	x	x	x		x				x			
a) Da participação em sala de aula, de trabalhos realizados durante as aulas e de uma prova escrita.												
b) De uma prova escrita.				x		x	x	x		x	x	
6. A razão da falta de motivação dos alunos refere-se:	x			x	x				x	x	x	
a) Às aulas tradicionais, baseadas na resolução mecânica de exercícios sem a compreensão dos conceitos.												
b) A existência da progressão continuada.						x	x	x				
c) À falta de auto-estima dos alunos.		x	x									
7. Para que o professor obtenha maior participação de seus alunos nas aulas ele deve:		x	x	x	x							
a) Propor aulas mais dinâmicas.												
b) Mostrar o valor do conhecimento.							x			x	x	
c) Respeitar os alunos.	x					x		x	x			
8. A indisciplina em sala de aula é causada por:	x	x	x		x	x			x	x	x	
a) Aulas desinteressantes e alunos desmotivados.												
b) Falta de educação e respeito pelo professor.				x				x				
c) Excesso de liberdade.							x					

Alguns aspectos das opiniões relatadas acima merecem destaque. Os licenciandos relacionam como principais dificuldades do trabalho docente a falta de interesse dos alunos, baixos salários e péssimas condições de trabalho.

“(…) Hoje em dia, as condições precárias de trabalho, o desinteresse por parte dos alunos, aliado a fatores sociais fazem com que essa profissão não seja uma boa opção”.

“(...) Está difícil conseguir um salário digno, mas o pior mesmo é enfrentar salas superlotadas, uma carga horária estafante e a falta de interesse dos alunos em aprender”.

A burocracia das escolas e a falta de apoio da direção também foram apontadas:

“(...) O grande problema é a direção/burocracia da escola, principalmente da escola pública. Você às vezes quer fazer algo de bom aos alunos e é impedido pela diretora, simplesmente porque a sua função lá é manter os alunos...no mais absoluto silêncio, dentro da sala de aula”.

“(...) A carreira no estado é pouco valorizada. O que é mais difícil é querer fazer um bom trabalho, inovador e não ter o apoio da Unidade Escolar”.

A referência a um ensino tradicional aparece na quarta questão que buscava identificar o que os participantes identificavam como uma boa aula. A transmissão de conteúdos é apontada em grande parte das respostas.

“Uma boa aula deve ser bem preparada, com várias fontes de consulta. Para prepará-la o professor deve acima de tudo dominar o conteúdo. O assunto deve ser transmitido de forma lógica e clara, facilitando a absorção do conteúdo por parte do aluno. Acho também interessante sempre que possível, ilustrar as aulas com experimentos e vídeos”.

“O professor deve primeiramente dominar o conteúdo antes de tentar passá-lo aos alunos. A aula deve ser preparada com antecedência e conter todo o conteúdo necessário para o aprendizado do aluno. O professor deve repetir sempre que necessário às informações que os alunos não compreenderam.”

“Uma boa aula deve ser bem preparada e muito bem pesquisada. Deve-se elaborar um roteiro para a fixação dos conhecimentos. Deve-se passar os conceitos de tal forma que ao final da aula não restem dúvidas sobre o assunto”.

“A aula deve ser objetiva, clara e com linguagem/nível de dificuldade adequado para o aprendizado. A preparação é essencial para que os

alunos possam estar motivados para absorver todas as informações importantes”.

Há alguma referência às concepções alternativas dos estudantes, provavelmente como reflexo dos cursos anteriores de Prática de Ensino¹⁸, entretanto, os licenciandos não relacionam de forma coerente sua utilização e crêem que o ensino formal terá o poder de facilmente convencer os alunos a adotar as noções científicas.

“(...) Inicialmente devemos ouvir as concepções espontâneas dos alunos. Depois, cabe-nos expor a teoria do assunto. Depois, devemos matematizar a teoria, deduzindo de maneira clara e lógica as fórmulas. Não podemos esquecer de retomar o início da aula para corrigir as concepções iniciais dos alunos”.

“(...) Uma boa aula é aquela que trabalha em cima das concepções espontâneas dos alunos. É necessário tomar conhecimento sobre o que o aluno pensa a respeito do assunto, depois expor o conteúdo e, finalmente, explicar para o aluno que a sua concepção não é correta. Dessa forma, ele poderá perceber o erro e adquirir novos conceitos”.

Os futuros docentes descrevem uma metodologia tradicional, entretanto, afirmam que as aulas desinteressantes são uma das principais causas da falta de motivação dos alunos para aprender e da indisciplina.

“(...) Aquela aula chata em que só o professor fala, fala e fala e o aluno só ouve, não participa de nada (aula tradicional)”.

“(...) Acho que o que mais desmotiva é a falta de incentivo por parte dos professores e principalmente a sonolenta aula tradicional que é apresentada”.

“(...) aquela coisa de fórmulas e fórmulas sem ter um conteúdo consistente para entender tal fórmula. O aluno não entende nada e resolve não prestar mais atenção.”

¹⁸ Os futuros docentes já haviam cursado em semestres anteriores as disciplinas de Prática de Ensino I, II e III.

“(...) Geralmente, a indisciplina é conseqüência de uma aula desinteressante”.

Outro aspecto levantado pelos licenciandos refere-se à existência da progressão continuada, desmotivando o aluno que já não precisa se esforçar muito para ser aprovado.

“(...) Eu acho que é culpa da tal ‘progressão continuada’ pois o aluno sabe que não precisa estudar, que no final do ano vai ser aprovado”.

“(...) a progressão continuada não funciona e está, cada vez mais, formando analfabetos diplomados”.

A avaliação é outro tema que merece destaque. É interessante notar que todos os participantes relacionam a necessidade de uma prova escrita como forma de avaliar a aprendizagem dos alunos, mesmo aqueles que sugerem a possibilidade de outros instrumentos.

“(...) Acho indispensável uma avaliação individual escrita, sendo que o professor faça a prova de um modo que não seja tão fácil (trivial), nem tão difícil; algo que consiga descrever se o aluno realmente aprendeu, entendeu o assunto.”

“(...) Deve-se fazer uma prova com freqüência a critério do professor, mas acredito que uma por bimestre é suficiente.”

“(...) Acho que uma prova escrita é um bom método de avaliação. Uma prova com matéria suficiente para que o aluno possa se preparar. Quatro ou cinco provas no semestre. Trabalho em grupo, participação e freqüência também podem ser bons elementos de avaliação”.

Uma breve síntese:

De uma forma geral pudemos, através dos instrumentos aplicados nessa fase inicial de nosso trabalho, delinear alguns aspectos importantes com referência a nossa amostra de licenciandos. Assim, as pré-concepções parecem apontar na mesma direção relatada por diversos autores da área de ensino de Ciências.

No que diz respeito aos conceitos sobre atração gravitacional pesquisados pudemos perceber ainda a existência de algumas concepções alternativas, principalmente com relação à dificuldade de se estabelecer uma causa única para os movimentos terrestres e celestes.

A existência e a persistência de noções alternativas em estudantes de nível universitário e professores têm sido relatada em pesquisas da área (por exemplo, Gunstone e White, 1981; Berg e Brower, 1991; Teodoro, 2000 entre outras) evidenciando as dificuldades do ensino tradicional em obter uma evolução nas concepções dos estudantes.

As questões do VOSTS revelaram uma considerável distorção na visão de Ciência dos participantes, o que pode influenciar de forma expressiva a forma com que irão ensinar Ciências e nas decisões que irão tomar em sala de aula (Armella e Waldegg, 1998; Hewson et. al. 1999 a- b).

Além disso, a entrevista de grupo focal sugere na fala dos alunos fortes indícios de resistência à mudança, traduzidos nas dificuldades relatadas em se introduzir novas metodologias de ensino.

Finalmente, com relação aos conceitos sobre os processos de ensino e aprendizagem, em muitos momentos aparecem noções que sugerem um grande apego ao modelo tradicional, onde se assume a existência de um corpo de conhecimentos aceitos pela comunidade científica, que poderá ser transmitido pelo professor e passivamente recebido pelo aluno.

Tais dados estão de acordo com as pesquisas sobre a formação de professores que sugerem a existência de um pensamento docente espontâneo, que se traduz nas pré-concepções que os indivíduos possuem sobre os processos de ensino e aprendizagem que se tornam verdadeiros obstáculos para a aceitação de metodologias inovadoras (Perez, 1996).

6.3.2 – MOMENTO 2: Análise da participação e resistência dos licenciandos durante as atividades do curso no primeiro semestre letivo de 2003.

No encontro realizado no dia **18/03**, iniciamos o debate sobre as atividades propostas. Os alunos demonstraram interesse nos questionários que eles responderam, entretanto não socializamos os resultados obtidos naquele momento. Temas relacionados com a construção do conhecimento científico e com o conceito de atração gravitacional foram fontes de reflexão durante todo o curso com o objetivo de contribuir para a evolução dos licenciandos. Além disso, pretendíamos verificar possíveis melhoras nas noções ao final do processo.

A seguir, foi pedido aos alunos que formassem pequenos grupos e foi distribuído o material referente à primeira atividade¹⁹, que procurava discutir a evolução dos modelos de mundo e as concepções alternativas relacionadas ao tema (anexo 4).

Os licenciandos leram o material e responderam as questões por escrito.

Ao final desta primeira etapa, organizamos um círculo para discutir o tema da atividade e pedimos que os grupos apresentassem suas opiniões e avaliassem o material. A atividade foi considerada interessante pelos participantes, por revelar concepções que eles desconheciam.

De maneira geral, os alunos conseguiram identificar semelhanças entre os modelos históricos e as concepções alternativas apresentadas, especialmente com relação à noção de Terra plana.

Ao serem questionados sobre as implicações da existência de tais concepções para a atividade docente, os alunos afirmaram a necessidade do professor conhecê-las e utilizá-las como ponto de partida para o ensino.

“(...) As concepções dos alunos devem ser a base para a construção do conceito e o professor deve iniciar a aula coletando esses conhecimentos. O problema pode ocorrer na dificuldade que o professor vai enfrentar para fazer com que o aluno se desligue do seu conhecimento de tal assunto e absorva o conhecimento correto”.

¹⁹ Todos os textos utilizados durante o curso foram copiados e fornecidos por nós a fim de garantir que os participantes tivessem em cada aula o material à sua disposição, evitando esquecimentos que poderiam comprometer o trabalho.

“(...) Essas concepções alternativas devem funcionar como o ponto de partida para a explicação dos conceitos, pois essas concepções precisam ser ‘lapidadas’. Dessa forma o aluno irá absorver o conteúdo e não decorar”.

Uma interessante discussão foi levantada quando alguns licenciandos expressaram a opinião de que se o professor fosse “bastante persuasivo” conseguiria convencer o aluno de que ele estava errado.

A leitura de um novo texto sobre alguns aspectos das concepções alternativas dos estudantes (primeira parte - anexo 6) gerou um debate sobre os relatos presentes na literatura indicando a natureza estruturada e resistente à mudança das noções pesquisadas.

Procuramos discutir que a busca por mudanças nas noções dos alunos havia gerado um campo de pesquisa na área de Ensino de Ciências e concluímos o debate fazendo uma breve conexão com o próximo assunto a ser estudado: modelos de mudança conceitual.

Ao final da aula buscamos identificar em quais escolas os licenciandos estariam realizando suas atividades de estágio, como pode ser observado no quadro 6.16:

Quadro 6.16: Características das escolas de nível médio onde os alunos realizaram o estágio.

LICENCIANDOS	ESCOLAS
Ana Elaine Mariana Renato Roberta	Escola Pública
Carolina Felipe Celso	Escola Particular
Fabiana Gustavo Karina	Colégio Técnico Industrial

No quinto encontro, realizado no dia **01/04** entregamos o material referente ao sistema aristotélico a fim de discutir sua concepção de movimento natural e seu modelo de mundo geocêntrico, baseado em esferas concêntricas. Além disso, procuramos introduzir noções alternativas semelhantes presentes na literatura.

Novamente pedimos que os alunos se organizassem em grupos como na aula anterior para ler, discutir o material e responder as questões de reflexão.

Quando os alunos encerraram esta atividade, formamos um círculo para discutir as idéias de cada grupo, que no geral foram muito semelhantes entre si.

Alguns participantes afirmaram que a concepção aristotélica implicava na existência de uma força impressa a fim de manter o movimento de um corpo. Dessa forma, aproveitamos a ocasião para diferenciar o modelo aristotélico da concepção de força impressa, desenvolvida na Idade Média e que seria estudada mais profundamente nas semanas seguintes.

Na aula do dia **08/04** distribuimos o material referente ao universo de Ptolomeu que os alunos deveriam ler e discutir em grupo.

A atividade procurava discutir o papel dos modelos científicos, evidenciando uma astronomia essencialmente “técnica”, dissociada da realidade física.

Durante a discussão, os grupos reconheceram a similaridade entre a busca de modelos matemáticos descrita na atividade e a forma do cientista moderno proceder.

Procuramos ressaltar que apesar de solucionar problemas em relação ao modelo anterior, a cosmologia de Ptolomeu é perfeitamente coerente com a doutrina aristotélica, o que implica que não existe a necessidade de uma nova física para explicar os fenômenos. Três pontos fundamentais estão presentes: 1) todo movimento no céu é circular uniforme; 2) os corpos celestes são constituídos de um material imutável e 3) a Terra é o centro do universo. Seu modelo

conseguia ajustar dados observacionais para os quais o sistema aristotélico permanecia sem respostas.

A cada modelo estudado, buscávamos evidenciar aspectos da trajetória das concepções históricas, incentivando os futuros docentes a fazer opções que considerassem adequadas para introduzir em seus minicursos.

No encontro seguinte, realizado no dia **22/04**, pretendíamos iniciar o estudo sobre a evolução das discussões sobre os modelos de mudança conceitual. Dessa forma, iniciamos a aula com a distribuição de um texto referente ao modelo de Posner et al. (1982)²⁰ que os alunos deveriam ler e discutir.

Os licenciandos, distribuídos em pequenos grupos relataram uma certa dificuldade na compreensão, então procedemos a uma explanação dialogada sobre o tema, buscando evidenciar sua importância para a área de ensino de Ciências.

O impacto da leitura foi grande e novamente os alunos relataram concepções que sugeriam que a mudança conceitual poderia ser fácil, desde que o professor mostrasse aos alunos que eles estavam errados e apresentasse a concepção científica.

Nós explicamos que aquele era o primeiro modelo proposto e que estudos posteriores não confirmaram mudanças radicais e meramente racionais das concepções. A seguir, revelamos aos licenciandos que estudaríamos na próxima aula novos modelos que foram propostos com o objetivo de atingir a mudança conceitual.

Após o término desta atividade, foi distribuído o texto referente à Física na Idade Média, onde sugerimos subsídios para a discussão de algumas críticas ao modelo aristotélico do movimento, que acabaram gerando o desenvolvimento da concepção de força impressa (*ímpetus*) na Idade Média.

Outros temas, como a rejeição ao conhecimento grego e o retrocesso à concepção de Terra plana são apresentados visando uma reflexão sobre a visão

²⁰ O texto distribuído é uma versão traduzida, reduzida e elaborada pelo Prof. Dr. Fernando Bastos do Departamento de Educação da Unesp-Bauru (anexo 5).

ingênua de Ciência neutra, presente muitas vezes em textos didáticos e nos meios de comunicação. Além disso, alguns exemplos de concepções alternativas relacionadas ao tema também foram apresentados.

Os alunos leram o material em pequenos grupos e responderam as questões sugeridas. O debate foi caloroso, uma vez que houve muita dúvida e confusão acerca dos modelos.

Os relatos dos licenciandos ainda sugeriam dúvidas com relação ao modelo aristotélico. Pedimos que um representante de cada grupo fosse até a lousa e defendesse o ponto de vista dos colegas.

Essa atividade revelou-se muito frutífera, despertando o interesse e a participação ativa dos licenciandos.

Ao final da aula, fizemos uma breve síntese dos modelos estudados até o momento.

Iniciamos o encontro realizado no dia **29/04** com uma discussão sobre o andamento das atividades de estágio de observação dos licenciandos. Alguns participantes relataram seu choque inicial com a realidade escolar e com as dificuldades enfrentadas pelos professores, sempre retomando a questão da possibilidade de se inserir inovações no ensino de Ciências.

“(...) o professor não conseguia manter os alunos parados e prestando atenção na matéria. Eu não sei se dá pra fazer um trabalho diferente, usar a História, quer dizer, como fazer esses alunos pensarem?” (Roberta).

“(...) Na escola onde eu estou fazendo o estágio o conteúdo está super atrasado porque o professor só tem duas aulas por semana e os alunos não colaboram. Eu acho que é muito difícil fugir do tradicional nessas condições” (Mariana).

A seguir foi distribuído um texto a respeito de algumas considerações sobre as discussões sobre a mudança conceitual (segunda parte - anexo 6), a fim de dar seqüência ao estudo realizado na aula anterior com o modelo de Posner e colaboradores (1982). O objetivo era permitir a análise, reflexão e discussão sobre

como os alunos aprendem, procurando desmistificar a imagem de ensino centrada na transmissão passiva de conhecimentos.

Os futuros docentes leram o material que foi posteriormente debatido. O fato das discussões mais recentes sobre a mudança conceitual apontarem para a impossibilidade de mudanças radicais gerou polêmica e desânimo.

O aluno Renato questionou o fato da utilidade de metodologias inovadoras afirmando que o ensino tradicional funciona. Gustavo afirmou que não está preparado para nada, não se sente professor e nem sabe Física, ao que todos concordaram. Uma sensação de desesperança foi a tônica da aula.

Nossos argumentos contra um ensino baseado na mera transmissão de informações, muitas vezes decoradas pelos estudantes parecem não ter sido capazes de sensibilizar os participantes naquele momento de desabafo.

Após o intervalo, verificamos que alguns alunos tinham ido embora.

Os presentes começaram a questionar a estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física que deixava as disciplinas pedagógicas para o final, quando, segundo eles, poderia ser muito tarde para despertar mudanças e demonstraram profunda insatisfação por estarem estudando coisas tão importantes apenas no final do curso.

No encontro seguinte no dia **06/05**, os alunos pareciam mais aliviados depois do forte desabafo da aula anterior, entretanto os grandes focos de resistência foram se tornando cada vez mais visíveis. Apesar de considerarem a importância das discussões e do desenvolvimento histórico que estudávamos, muitos licenciandos ainda esboçavam durante as discussões a forte noção de que seria muito difícil seguir a carreira docente com um novo enfoque, não tradicional, já que não se sentiam preparados para isso.

Os alunos relataram ainda que estavam desenvolvendo algumas aulas a serem apresentadas na disciplina Instrumentação para o Ensino de Física e que o docente responsável havia afirmado que não havia problema algum em ser tradicional e que para ser um bom professor não havia necessidade de grandes mudanças.

Nesse sentido, nosso trabalho contrariava as experiências didáticas vivenciadas pelos estudantes até o presente momento (Hewson et. Al., 1999 a, b) e eles relutavam em aceitar novos conceitos de ensino e aprendizagem de Ciências, uma vez que para se desenvolver um trabalho diferenciado como o que estávamos buscando construir, havia a necessidade de um maior envolvimento e dedicação por parte dos licenciandos.

O debate sobre o modelo copernicano de universo foi intenso. Os licenciandos demonstraram interesse particular no prefácio do *De Revolutionibus Orbitum Coelestium*, atribuído a Andréas Osiander, que teria o papel de minimizar o impacto da obra, atribuindo ao modelo heliocêntrico proposto o papel de uma simples hipótese matemática.

Ao se discutir a última questão, sobre a possibilidade de se explicar a trajetória de uma bola de canhão, lançada verticalmente para cima, admitindo-se o movimento da Terra, um dos grupos (Ana, Elaine e Roberta) relatou que o objeto lançado deveria cair muito distante do local de lançamento.

Durante o debate em plenária, esta concepção acendeu uma grande discussão e os demais participantes inseriram a noção inercial, revelando que todo o sistema (Terra, atmosfera e objeto) viajava com a mesma velocidade. Foi interessante notar que os argumentadores se utilizaram do texto para demonstrar que a noção apresentada pelo grupo era semelhante à concepção aristotélica de movimento e procuraram lembrá-los que isto havia sido utilizado como um argumento contra a mobilidade da Terra.

Encerramos a aula com a leitura e discussão sobre o texto complementar, relacionando os modelos de mundo de Thomas Digges (que mergulha o sistema copernicano em um mar de infinitas estrelas) e Tycho Brahe (que procura combinar as vantagens dos sistemas geo e heliocêntrico).

Com o objetivo de concluir a discussão sobre a inserção da História da Ciência no ensino, iniciada durante a entrevista de grupo focal, os alunos receberam no dia **13/05** um texto que discutia o tema, incluindo suas vantagens e dificuldades (anexo 7).

Durante o debate procuramos evidenciar que alguns resultados de pesquisas apresentavam temas semelhantes aos que foram discutidos por eles durante a entrevista de grupo focal. Apesar dos esforços, a discussão transcorreu de forma apática já que os alunos estavam cansados e preocupados com uma prova que fariam naquela semana.

Novamente os licenciandos iniciaram uma discussão sobre os problemas da licenciatura que não privilegia as discussões sobre o ensino, que ficam isoladas no final da formação.

Ao final da aula nós distribuimos o texto referente à atividade sobre Kepler e os alunos iniciaram a leitura, concluindo a discussão nos pequenos grupos. A apresentação em plenária ficou para a aula seguinte.

O encontro do dia **20/05** ficou prejudicado, pois os alunos fariam uma prova naquela semana e pediram para serem dispensados mais cedo para estudar. Nós decidimos manter apenas a primeira parte da aula que ficou reservada para a discussão em plenária das questões da atividade sobre Kepler.

Nesta atividade, o foco era uma reflexão acerca da concepção kepleriana de atração entre corpos e sua rejeição ao dogma do movimento circular.

Houve um pouco de dúvidas sobre a interpretação do modelo de Kepler e muitos alunos relataram crer que se tratava de ação à distância, o que foi debatido em plenário.

Durante as discussões, procuramos ressaltar a mudança de postura apresentada no trabalho de Kepler que não mais desejava “salvar as aparências” e sim descrever leis contendo afirmações verificáveis sobre relações universais governando fenômenos particulares, expressas em termos matemáticos.

Ao final desta atividade, procuramos conversar com os alunos sobre a elaboração da proposta de minicurso e pudemos perceber que nenhum dos licenciandos da amostra tinha iniciado o trabalho.

No encontro do dia **27/05**, realizamos a leitura e discussão da atividade referente à física de Galileu, procurando evidenciar suas contribuições para a gravitação e seu estudo sobre a queda dos corpos.

Salientamos a noção de inércia circular de Galileu e procuramos descrever a história da Torre de Pisa como uma lenda, buscando desmistificar o evento.

Ao final da aula, discutimos o texto sobre o modelo mecânico de Descartes para a gravitação, além de demonstrar que a noção inercial foi desenvolvida por ele, e não por Newton, o que causou um certo espanto.

No encontro do dia **03/06**, os alunos estavam muito agitados, pois deveriam fazer o Provão (Exame Nacional de Cursos) no domingo seguinte e pediram para serem dispensados, comprometendo-se em concluir a leitura sobre a atividade da síntese newtoniana para a discussão da próxima aula.

Quando retomamos os trabalhos no dia **10/06** ficou claro que os licenciandos não tinham lido o material a ser debatido em sala de aula. Assim, demos tempo para que os grupos lessem e discutissem o tema.

O objetivo central dessa atividade não era o de reconstruir todos os passos do trabalho de Newton, o que seria impossível, e sim demonstrar que sua grande síntese foi desenvolvida a partir de outros trabalhos e que inclusive a noção de que a força que deveria reger o movimento dos planetas variava com o inverso do quadrado da distância já era debatida entre seus contemporâneos.

Os alunos revelaram uma certa surpresa ao tomarem conhecimento, por exemplo, da noção de movimento circular defendida por Newton no início do seu trabalho, atribuindo a necessidade de uma força centrífuga²¹ em oposição à atração sofrida pelo objeto ao centro de revolução.

A suposição de que o movimento de um corpo em uma trajetória curvilínea é causado por uma combinação de dois movimentos: um atrativo e

²¹ Termo cunhado por Huygens para descrever uma espécie de “tendência” do corpo em rotação de se afastar do centro (Cf. Peduzzi, 1998, p.570).

outro inercial foi desenvolvida por Robert Hooke e posteriormente utilizada por Newton.

Aproveitamos as discussões geradas para propor uma reflexão sobre a construção do conhecimento científico, lembrando os licenciandos de que eles deveriam utilizar as discussões suscitadas pelos temas para propor inovações, inserindo a História da Ciência em seus planejamentos de minicursos.

O encontro do dia **17/06** ficou reservado para que os licenciandos concluíssem seus planejamentos em sala de aula, aproveitando o momento para debater e trocar idéias com os colegas. Apenas quatro alunos compareceram (Fabiana, Karina, Felipe e Elaine), indicando que em muitos casos, as propostas ainda não tinham sido iniciadas.

Mesmo entre os presentes verificamos que o andamento dos planejamentos estava ainda muito aquém do que esperávamos para aquele momento.

A aula do dia **24/06** estava reservada para a realização de uma segunda entrevista de grupo focal (*“focus group”*), onde pretendíamos verificar, a partir das reflexões realizadas em sala de aula, da confecção dos planejamentos de minicursos e da experiência vivenciada nas atividades de estágio, quais eram as expectativas dos participantes com relação à aplicação da proposta em situações reais de ensino.

Estaremos a seguir analisando os resultados da entrevista.

6.3.3 - Expectativas e resistências dos licenciandos – A segunda entrevista de grupo focal.

As idéias apresentadas durante o debate ao final do semestre fornecem, além das expectativas, um relato das dificuldades e resistências dos licenciandos à mudança de postura frente aos processos de ensino e aprendizagem.

Quando indagados sobre suas expectativas com relação aos resultados da aplicação das propostas de minicursos no Ensino Médio, os alunos citaram os seguintes aspectos:

1. Eliminar as concepções alternativas dos alunos: nesta categoria estão presentes os licenciandos que atribuem à sua proposta de minicurso a capacidade de substituir as noções dos alunos pela noção científica. Apesar dos debates realizados durante o curso, ainda persiste uma visão de ensino baseada na transmissão passiva de conteúdos. A seguir apresentamos alguns exemplos das opiniões emitidas:

“(...) Eu espero poder passar uma grande quantidade de conceitos, sabe? Além de acabar com as concepções alternativas dos alunos sobre o tema (...). Eu espero um resultado muito bom com relação à captação de conceitos”.(Gustavo).

*“(...) As minhas expectativas serão satisfeitas caso as respostas dos alunos com relação ao questionário de concepções sejam totalmente diferentes do primeiro para o segundo, né?(...) Eu acredito que um curso dotado de alguns recursos visuais como a apresentação que eu pretendo fazer em Power Point e uma boa explicação oral sobre os temas possibilite aos alunos uma boa compreensão dos fenômenos”.
(Mariana)*

2. Contribuir para propor uma reflexão sobre o tema: os licenciandos aqui classificados consideram que sua proposta pode suscitar um debate sobre o tema, gerando insatisfação dos alunos com relação às suas noções alternativas, além de inserir a História para demonstrar a evolução dos conceitos e a existência de modelos em Ciência. Os participantes sugerem a possibilidade de haver evoluções nas concepções dos alunos, sem, entretanto, afirmar que tais noções serão facilmente eliminadas.

“(...) Eu espero conseguir fazer com que os alunos reflitam sobre as idéias que eles apresentaram no questionário inicial e para isso eu vou

usar a História da Ciência. Eu quero fazer com que eles debatam o tema entre si, pois assim eu acredito que eles entendam e não apenas memorizem as equações”. (Karina).

“(…) Eu espero despertar o interesse dos alunos para o assunto e fazer com que eles participem da minha aula, expondo suas idéias mesmo que elas sejam diferentes dos nossos conhecimentos atuais. (...) Acho que com os experimentos que eu pretendo fazer e com a História da Ciência eu vou conseguir fazer com que os alunos assimilem nossas atuais concepções sobre gravidade (...), talvez nem todos, mas eu acredito que se o aluno se questionar e buscar uma resposta para as dificuldades, ele já estará crescendo”.(Renato).

De acordo com o quadro 6.17, ao final do desenvolvimento do curso, apenas quatro alunos demonstravam um discurso mais engajado com a proposta debatida.

Quadro 6.17: Expectativas dos alunos com relação à aplicação dos minicursos.

LICENCIANDOS	EXPECTATIVAS
Ana Carolina Celso Elaine Gustavo Mariana Roberta	Eliminar as concepções alternativas dos estudantes.
Fabiana Felipe Karina Renato	Contribuir para propor uma reflexão sobre o tema, buscando evoluções nas noções dos alunos.

Em vários momentos da discussão, os participantes, apesar da crença de que suas propostas trariam resultados mais interessantes do que o ensino ministrado nas escolas revelam ainda fortes resistências.

As dificuldades em relação à inserção de inovações no ensino que deverão ser encontradas no processo são relatadas pelos licenciandos como:

1. Dificuldade na elaboração da proposta:

“(...) A gente nunca fez uma coisa diferente (...) eu tenho dificuldade de imaginar uma aula não tradicional”. (Mariana).

“(...) eu vou tentar que a minha aula seja participativa, né? Mas dá um certo receito de não conseguir, sabe? Porque eu estou tentando adaptar o que a gente estudou aqui para o Ensino Médio, mas eu acho difícil sair do giz e lousa (...)” (Elaine).

2. Falta de interesse e indisciplina dos alunos:

“(...) Como os alunos não costumam participar das aulas, eu acredito que essa é a maior dificuldade que eu vou enfrentar (...) parece que eles não têm muito interesse em aprender”.(Celso).

“(...) Eu vejo no estágio que na maioria das vezes os alunos ficam conversando entre si e atrapalhando a aula. Tenho receio de que uma atividade em grupo acabe virando uma ‘festinha’, sabe?” (Ana).”

3. Falta de conhecimentos suficientes sobre o tema:

“(...) Eu tenho medo de não conseguir responder todas as dúvidas geradas pelo assunto, que eu acho um pouco complexo. Quando o professor procura mais a participação e o debate nas aulas, ele tem que estar mais bem preparado. (...) É diferente de quando ele simplesmente joga a matéria na lousa para os alunos copiarem”. (Karina).

“(...) No caso de algum aluno fazer uma pergunta e eu não souber responder, aí eu acho que eu fico desmoralizado perante a classe”. (Gustavo).

4. Falta de tempo:

“(...) Eu vejo que eu precisaria de mais tempo para fazer um trabalho mais reflexivo, mas eu não sei se vou conseguir que a professora libere mais aulas (...) No dia a dia do trabalho do professor eu acho que essa

é uma grande dificuldade porque ele tem mil coisas para dar e acaba não sobrando tempo pra fazer nada diferente, né? (Roberta)”.

“(…) São só duas aulas de Física por semana, então eu acho complicado inserir outras coisas, a História por exemplo, sem atrapalhar o andamento do resto do conteúdo.” (Mariana).

Uma breve síntese:

Durante o trabalho realizado com os licenciandos no primeiro semestre letivo, pudemos observar vários focos de resistência à inovação.

Os frutos da vivência dos licenciandos nos cursos tradicionais baseados na mera transmissão e recepção passiva de conhecimentos têm se mostrado um fator limitante para uma mudança de postura e a adoção de práticas de ensino diferenciadas.

Em vários momentos os alunos afirmaram sentirem-se prejudicados por não poderem estar debatendo sobre os processos de ensino e aprendizagem durante toda a formação universitária.

As discussões levantadas pelos participantes sobre os problemas na formação incluíram aspectos relatados na literatura sobre o tema, como por exemplo, a dissociação entre as disciplinas de conteúdo e disciplinas pedagógicas (McDermot, 1990 e Bermudez et. al., 1994 apud Gil Perez, 1996; Carrascosa, 1996; Cudmani e Pesa, 1997 apud Barros Filho, 2002).

Além de um desabafo justo, era também uma forma de justificar a dificuldade deles em integrar conhecimentos dispersos e inserir inovações no ensino de Física.

Outro foco constante de resistência refere-se à atribuição da culpa aos alunos, sua falta de pré-requisitos e interesse em aprender.

As expectativas dos alunos diante da experiência didática que deverão vivenciar, reveladas durante a segunda entrevista de grupo focal demonstram ainda um apego ao modelo tradicional de ensino.

Apesar das reflexões realizadas durante o curso, sete licenciandos ainda crêem em mudanças radicais nas formas de pensar dos alunos através da transmissão passiva de conhecimentos.²²

A partir da entrega dos relatórios de estágio e das propostas de minicursos, ficou claro que os alunos tinham preparado planejamentos ainda muito incipientes, uma forma de “cumprir tabela” e que de certa forma eles ainda esperavam de nós “receitas” para se introduzir os temas em sala de aula.

Nossa tentativa foi a de subsidiar as mudanças e o objetivo era não interferir nas escolhas dos participantes.

Mesmo entre os quatro participantes que demonstram um discurso mais engajado com a proposta que sugerimos, apresentaram minicursos incompletos, o que impossibilitou sua análise.

Dessa forma, ficou acertado que os planejamentos deveriam ser revistos e apresentados sob a forma de mini-seminários em sala de aula durante as atividades da disciplina de Prática de Ensino no segundo semestre letivo, antes da aplicação do minicurso no Ensino médio.

Na seção seguinte, estaremos analisando as experiências didáticas dos licenciandos e poderemos verificar sua coerência com as expectativas descritas.

6.4 - O trabalho com os futuros docentes durante o segundo semestre letivo: a aplicação das propostas de minicursos.

Descreveremos a seguir as atividades realizadas durante o segundo semestre letivo na disciplina de “Prática de Ensino de Física VI – 1602”.²³

O quadro 6.18 procura sintetizar as atividades realizadas em cada um dos encontros.

²² Ver quadro 6.17.

²³ Os alunos estavam também cursando a disciplina “Prática de Ensino de Física VII – 1762”, que ficou reservada para as atividades de estágio.

Quadro 6.18: Atividades realizadas durante o curso.

Prática de Ensino de Física VI		
Datas	Assunto(s)	Observações
04/08	Apresentação do plano de curso e definição do calendário.	
11/08	Reestruturação dos planejamentos dos minicursos.	
18/08	Reestruturação dos planejamentos dos minicursos.	
25/08	GREVE	
08/09	Reestruturação dos planejamentos dos minicursos.	
15/09	Aulas simuladas 1 e 2 (Renato e Mariana)	
22/09	Aulas simuladas 3 e 4 (Ana e Fabiana)	
29/09	Aulas simuladas 5 e 6 (Roberta e Carolina)	
06/10	Aulas simuladas 7 e 8 (Celso e Karina)	
13/10	Aulas simuladas 9 e 10 (Elaine e Gustavo)	
20/10	Aula simulada 11 (Felipe) Reunião de Reflexão.	
27/10	Aulas de estágio de regência	Unidade Escolar
03/11	Aulas de estágio de regência	Unidade Escolar
10/11	Aulas de estágio de regência	Unidade Escolar
17/11	Aulas de estágio de regência	Unidade Escolar
24/11	Apresentação dos resultados – Mini-seminários Relato das idéias dos participantes sobre a possibilidade de realizarem um ensino de Física diferenciado a partir da inserção da História da Ciência.	
01/12	Apresentação dos resultados – Mini-seminários. Relato das idéias dos participantes sobre a possibilidade de realizarem um ensino de Física diferenciado a partir da inserção da História da Ciência.	
08/12	Entrega dos relatórios sobre a experiência no estágio de regência. Questionário de concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional. Questionário VOSTS.	

Iniciamos o semestre com a reestruturação dos planejamentos de minicursos que haviam sido entregues pelos alunos ainda muito incompletos e na maioria dos casos, sem incorporar os aspectos discutidos durante o curso.

Esse problema foi discutido com os alunos que justificaram tal atitude à falta de tempo no final do semestre para se dedicar à elaboração da proposta. Além disso, o tema gravitação tinha sido abordado de maneira muito superficial durante o curso de graduação e os alunos se declaravam receosos de trabalhar o conceito.

Dessa forma, os encontros dos dias **11/08**, **18/08** e **08/09** ficaram reservados para tal finalidade e os alunos deveriam, em sala de aula, discutir e implementar o minicurso.

Nossa interferência nesse momento foi a mínima possível, pois estávamos interessados em avaliar as possíveis mudanças de postura dos participantes. Ficamos à disposição dos licenciandos no papel de orientadores.

A partir do encontro realizado no dia **15/09** demos início às apresentações dos minicursos dos licenciandos. A cada semana, dois participantes tinham o equivalente a duas horas cada para expor os objetivos da proposta, bem como explicitar a metodologia e os conteúdos que seriam trabalhados em sala de aula.

Os demais participantes puderam opinar, oferecendo críticas e sugestões.

Em alguns casos, os licenciandos afirmaram ter modificado a proposta em função das sugestões dos colegas ou ainda, através da observação de alguma iniciativa que achou interessante.

Após a conclusão das apresentações, no dia **20/10**, os licenciandos foram liberados das aulas presenciais para aplicarem a proposta nas escolas de nível médio.

Com a conclusão do estágio de regência, retomamos as aulas presenciais no dia **24/11** com a apresentação de mini seminários dos licenciandos revelando para os demais participantes, detalhes da experiência didática vivenciada.

Na seção seguinte, desenvolveremos a análise dos planejamentos e das vivências relatadas por cada um dos licenciandos da amostra.

6.4.1 - MOMENTO 3: As propostas de minicursos e os resultados da aplicação em sala de aula no ensino médio.

Estaremos a seguir procedendo à análise dos planejamentos dos minicursos desenvolvidos pelos futuros docentes. As propostas deveriam incorporar as discussões realizadas durante a disciplina de Prática de Ensino de Física, tais como a inserção da História da Ciência no ensino de Ciências, além das concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.

Para tanto, inicialmente apresentaremos uma síntese dos planos de aula dos participantes. Algumas considerações serão incluídas a partir da apresentação que os licenciandos realizaram durante as atividades da disciplina de Prática de Ensino, antes da realização da regência em situações reais de sala de aula, procurando evidenciar suas expectativas.

Revelamos também uma breve discussão sobre a proposta sugerida pelo aluno e o que realmente desenvolveu, incluindo suas justificativas e impressões expostas no relatório final e no mini-seminário para a apresentação dos resultados.

1. O minicurso de Karina:

Apesar da forte resistência inicial, a aluna incorporou algumas das inovações discutidas durante o curso em seu planejamento de ensino. A preocupação com as concepções alternativas dos estudantes e a inserção da História da Ciência representa o fio condutor da proposta apresentada.

O quadro 6.19 procura sintetizar as idéias sugeridas pela aluna.

Quadro 6.19: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pela aluna Karina.

Karina				
Primeiro ano do Ensino Médio – Colégio Técnico Industrial				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2²⁴		Aplicação de um questionário para coletar as concepções dos alunos.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.
	1) Introdução à gravitação - alguns exemplos de descrições históricas do mundo: concepções chinesa, hindu e fenícia.	Aula expositiva participativa com discussão dos conceitos a partir da utilização do retroprojeto.	Despertar o interesse pelo assunto. Demonstrar a evolução dos conceitos.	
		Formar grupos e analisar os modelos anteriormente apresentados. Caso discordassem, os alunos deveriam elaborar seu próprio modelo de mundo.	Avaliar a concepção de universo dos participantes.	Desenhos.
	2) O universo aristotélico; o modelo de mundo de Ptolomeu; o heliocentrismo de Copérnico; o sistema de Tycho Brahe.	Aula expositiva participativa com o auxílio do retroprojeto.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 3 e 4	3) Leis do movimento planetário de Kepler; explicar o esquema de uma elipse. Apresentar a Lei da Gravitação Universal.	Aula expositiva participativa com o auxílio do retroprojeto.	Preparar o aluno para que possa aplicar corretamente as equações das leis fundamentais na resolução de problemas.	Questionário com alternativas de múltipla escolha.
Aulas 5 e 6		Debate em grupos sobre a questão: Por que os corpos caem na superfície da Terra e a Lua, mesmo sendo atraída pela atração gravitacional terrestre mantém sua órbita?	Discutir as concepções dos alunos, buscando uma evolução.	

²⁴ Nos dias em questão a aluna trabalhou com a turma durante duas aulas de 50 minutos.

	Aplicação do questionário para coletar as concepções dos alunos, respondido na primeira aula.	Verificar a evolução das concepções.	Questões individuais.
	Debate sobre a análise das respostas inicialmente obtidas.	Discutir as concepções defendidas pelos alunos, buscando demonstrar que alguns pensadores do passado já haviam defendido modelos semelhantes.	
4) Algumas curiosidades: a origem da Lua; as marés; a origem dos cometas; chuvas de meteoros.	Aula expositiva participativa com o auxílio do retroprojetor.	Contribuir para que o estudante desenvolva a capacidade de relacionar conceitos estudados com as atividades do dia a dia.	

O minicurso da licencianda parte da explicitação das concepções alternativas dos estudantes sobre o tema atração gravitacional. O questionário utilizado é o mesmo que foi aplicado e avaliado por nós no início da pesquisa (anexo 2).

Com relação à inserção da História da Ciência no ensino, o planejamento foi elaborado com o intuito de demonstrar a evolução dos conceitos, além de evidenciar aos alunos noções historicamente desenvolvidas semelhantes às concepções defendidas por eles e despertar o interesse pelo assunto.

Nem todas as atividades programadas puderam ser concluídas. Por falta de tempo disponível, a última parte, referente aos estudos sobre marés, cometas, etc não pode ser abordada.

Apesar disso, a parte inicial do planejamento foi respeitada. A tônica do trabalho desenvolvido pela estudante baseou-se em aulas expositivas participativas, com a inserção de duas atividades de discussão em grupos.

A expectativa da aluna, revelada em sua apresentação do minicurso na disciplina de Prática de Ensino, sugeria a possibilidade de melhoras nas noções dos alunos sobre os temas abordados.

“(...) depois que eles respondessem de novo (o questionário de concepções) eu ia pegar, porque aí eu acho que já vai estar bem mais claro na cabeça deles. Acho que vai dar uma grande diferença entre as respostas antes e depois das aulas. Eu espero que eles tenham uma boa evolução nas respostas (...) Aí eu vou falar o que eles responderam antes, vou tentar fazer uma análise, né? E vou explicar as respostas corretas”.

Após analisar e comparar os resultados da aplicação dos questionários sobre concepções alternativas, Karina demonstra uma certa frustração ao descrever o fato que as noções dos estudantes tiveram apenas uma discreta melhora após o curso ministrado por ela.

“(...) Eu achei que seria mais fácil fazer com que eles mudassem de idéia. (...) durante as aulas de Prática a gente discutiu sobre isso, que era difícil (...), mas eu esperava que eles entendessem melhor”.

Sobre o papel da História em suas aulas, a aluna considera que o retorno foi positivo, uma vez que

“(...) os alunos se mostraram bem interessados pela História da Ciência; é algo que ele normalmente não teriam visto se tivessem Gravitação Universal no programa da escola. Eles acharam muito interessante a maneira de pensar dos pensadores daquela época. Acho interessante a introdução da História da Ciência, pois com isso os alunos percebem que os conceitos físicos evoluíram durante os séculos e ainda continuam evoluindo”.

A licencianda procurou também relacionar as concepções alternativas dos estudantes com modelos históricos:

“(...) Quando eu fui discutir com eles o questionário de concepções que eles responderam na primeira aula eu procurei falar um pouco de concepções semelhantes que tinham sido discutidas no passado. Principalmente no caso da força impressa que apareceu em quase todas as respostas dos alunos (...). Eu quis mostrar pra eles que não era vergonha pensar assim”.

A avaliação da aprendizagem dos alunos levou em consideração os resultados obtidos nos questionários sobre concepções alternativas, além das

questões de múltipla escolha respondidas individualmente por eles. Entretanto, Karina comenta que:

“(...) Eu tentei estar avaliando a turma em cada momento, não só através das concepções e dos questionários que eu passei, mas também através do interesse e participação deles”.

Apesar de introduzir inovações discutidas em sala de aula a aluna ainda revela afinidade com a concepção de ensino por transmissão de conteúdos.

“(...) Tentei fazer uma linha cronológica com eles a fim de que eles se situassem e entendessem melhor os conceitos que eu estava querendo transmitir”.

“(...) Expliquei estas leis (de Kepler) com calma, com bastante detalhes e sempre dando exemplos.”

Além disso, quando questionada durante o mini-seminário final sobre a possibilidade de se incorporar inovações no dia a dia da atividade docente, a aluna sugere ser difícil para um professor em exercício poder preparar e aplicar aulas como as que foram desenvolvidas.

“(...) Eu considero a experiência muito boa e pretendo continuar usando em minhas aulas, mas eu acho que nós tivemos praticamente um ano para estudar, discutir e preparar essa aula, sabe? Se você é o professor da turma é mais difícil sobrar tempo para pesquisar e fazer um trabalho diferenciado”.

2. O minicurso de Fabiana:

A licencianda já havia passado aos alunos no primeiro semestre letivo de 2003, durante seu estágio de observação, o questionário para avaliar as concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional (anexo 2).

Fabiana procurou analisar as repostas e elaborar seu minicurso a partir das principais dificuldades encontradas. Em seu planejamento procura inserir as discussões acerca da História da Ciência como forma de despertar o interesse

pelo assunto estudado, além de demonstrar o caráter evolutivo das idéias científicas.

O quadro 6.20 procura sintetizar as idéias sugeridas pela aluna.

Quadro 6.20: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pela aluna Fabiana.

Fabiana				
Primeiro ano do Ensino Médio – Colégio Técnico Industrial				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2	1) Introdução do tema gravitação. Justificativa para a abordagem histórica do tema.	Discussão sobre o porque estudar gravitação e discorrer sobre os diferentes modelos de mundo, buscando demonstrar o caráter evolutivo do conhecimento.	Despertar o interesse pelo assunto a ser estudado.	
		Formar grupos de cinco alunos e pedir que façam um modelo de mundo em papel A3 de acordo com os conhecimentos que eles possuem.	Avaliar a concepção de universo dos participantes.	Desenhos.
		Colar os desenhos na parede a fim de que todos vejam os modelos dos demais grupos.		
	2) Os modelos planetários dos babilônicos, egípcios, hebreus.	Expor os modelos históricos, ressaltando o fato de que antigas civilizações já tinham interesse em entender o funcionamento do mundo.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
	3) Os modelos de mundo de chineses, hindus e fenícios. Os sistemas geocêntrico e heliocêntrico. Modelo científico atual.	Apresentar em um retroprojeter os modelos citados, buscando promover um debate entre os alunos que deverão compará-los com os modelos dos grupos.		

Aulas 3 e 4	4) Leis de Kepler e lei da gravitação universal.	Aula expositiva participativa. Discussão das questões sobre concepções respondidas anteriormente e analisadas, buscando relacionar os conceitos estudados com os erros mais comuns cometidos pelos estudantes. Relacionar, quando possível, as concepções apresentadas pelos alunos a modelos históricos do passado.	Diminuir as pré-concepções dos alunos. Demonstrar que pensadores do passado já defenderam noções semelhantes.	
	5) Campo gravitacional; corpos em órbitas circulares; velocidade de escape.	Aula expositiva participativa. Discussão de questões tais como: a) se na Terra os objetos caem porque estão sob a ação da aceleração da gravidade, então porque a Lua não “cai” na Terra? b) Os astronautas “flutuam” na Lua?		Questionário com exercícios de vestibular.

Durante a apresentação da proposta do minicurso para os colegas na disciplina de Prática de Ensino, Fabiana revela sua decepção com as concepções dos estudantes com os quais deverá trabalhar.

“(...) Eu tinha uma expectativa com relação àquela turma e fiquei um pouco frustrada. Eu esperava que pelo menos eles tivessem uma noção melhor (...) sei lá, eu fiquei um pouco decepcionada. É que eu achei que a turma era boa, eu achei que a turma ia ser bem boa e tal e que eu ia poder fazer uma coisa legal, menos teórica, mas acho que eu vou ter que partir mesmo pra teoria”.

Diante das dificuldades diagnosticadas, a aluna revela a necessidade de se retomar as questões respondidas pelos alunos e inseri-las durante as discussões do minicurso, numa tentativa de diminuir o número de concepções alternativas. Com relação às expectativas, Fabiana revela:

“(...) Durante o curso, procurarei tirar as dúvidas e melhorar o conhecimento dos alunos sobre esse assunto. Assim, todas as questões presentes no questionário de concepções espontâneas vão ser revisadas, a fim de melhorar as concepções dos alunos”.

A licencianda demonstrou interesse em discutir questões relacionadas à queda dos corpos e movimento orbital. Sua proposta procurava partir das concepções dos estudantes, utilizando a História da Ciência como fio condutor dos debates de tal forma que, ao falar, por exemplo, na noção de força impressa desenvolvida na Idade Média, a licencianda procuraria discutir e confrontar a noção apresentada pela maioria dos alunos.

Entretanto, devido à proximidade das avaliações finais do quarto bimestre, a aula teve de ser reduzida pela metade, impossibilitando a realização de todas as atividades propostas.

Dessa forma, a aluna optou por manter a atividade em grupo sugerida e dedicar o restante do tempo a aulas expositivas participativas com o auxílio do retroprojetor.

As discussões sobre as concepções alternativas diagnosticadas que deveriam ocorrer durante as atividades do minicurso foram deixadas para o final da aula, o que prejudicou a qualidade do trabalho.

A avaliação realizada levou em consideração apenas a aplicação de algumas questões conceituais de vestibular, respondidas pelos alunos.

Os resultados, de certa forma, não corresponderam às expectativas da licencianda.

“(...) Eu acho que eu poderia ter contribuído muito mais com a turma se eu tivesse tido o tempo necessário para aplicar tudo o que eu planejei. Eu fiquei insatisfeita porque eu não pude fazer a discussão das concepções deles como eu queria e por isso acho que não houve a melhora que eu esperava”.

Apesar das dificuldades encontradas na aplicação do minicurso, o planejamento da aluna reflete algumas das discussões realizadas em sala de aula e sua postura frente à experiência revela uma mudança em relação ao seu comportamento marcadamente resistente do início do curso.

Durante o ano letivo Fabiana revelou interesse em estudar concepções sobre diferentes conceitos físicos e solicitou que indicássemos alguns textos, além

de pesquisar por conta própria artigos sobre o tema em revistas da área de Ensino de Ciências.

Como teve a oportunidade de explicitar e analisar as concepções dos alunos sobre o tema antes de preparar seu minicurso, Fabiana afirma ter se sentido mais preparada.

Em seu relato final, a aluna comenta que pretende continuar utilizando aspectos históricos e as pré-concepções dos estudantes em sua atividade docente apesar das dificuldades encontradas na realidade escolar.

“(...) Após este trabalho que tive a oportunidade de realizar, ficou mais que claro que a História da Ciência é um poderoso instrumento para despertar o interesse dos alunos. (...) isso foi um ponto muito importante na aula. Apesar do pouco tempo eu notei que os alunos ficaram muito interessados no assunto e fizeram várias perguntas. (...) Isso fornece uma visão mais ampla do conhecimento, não apenas um monte de informações estáticas que aparecem de forma linear nos livros. Além disso, eu achei bem interessante fazer o diagnóstico das concepções deles e ver como são parecidas com aquelas que a gente já havia estudado”.

3. O minicurso de Renato:

O trabalho do aluno procurou enfatizar a discussão sobre a queda dos corpos na superfície da Terra. Para tanto, Renato sugeriu a realização de experimentos em grupos, cujos resultados deveriam ser discutidos em plenária.

A História da Ciência é inserida em dois momentos: em uma apresentação inicial preparada em transparências e durante as discussões dos experimentos, onde o licenciando pretendia debater com os alunos noções de movimento, comparando as concepções dos alunos com os modelos de Aristóteles e Galileu.

O quadro 6.21 procura sintetizar as idéias sugeridas pelo aluno.

Quadro 6.21: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pelo aluno Renato.

Renato				
Terceiro ano do Ensino Médio – Escola Pública				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2		Aplicação de um questionário para coletar as concepções dos alunos.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.
	1) A História da Gravitação: Aristóteles, Copérnico, Tycho Brahe, Kepler, Galileu e Newton.	Aula expositiva participativa com o auxílio de uma apresentação em retroprojektor.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 3 e 4	2) Queda dos corpos.	Formar quatro grupos e distribuir instruções para a realização de experimentos sobre queda dos corpos com os seguintes materiais: 1) Um livro grosso e uma folha de papel (inicialmente separados e a seguir com a folha sobre o livro). 2) Um livro grosso e uma folha de papel alumínio (inicialmente aberta e depois amassada em formato de uma bolinha). 3) Duas esferas de massa de modelar de tamanhos diferentes. 4) Duas garrafas plásticas com diferentes volumes de água.	Discutir a queda de corpos de massas e formatos diferentes na superfície da Terra e permitir que os alunos percebam que o movimento é regido pela mesma aceleração. Debater as concepções de Aristóteles, Galileu sobre a queda dos corpos, discutindo semelhanças com as noções apresentadas pelos estudantes.	Relato dos grupos.
		Pedir que cada grupo apresente e discuta os resultados com os demais participantes.	Avaliar a aprendizagem dos alunos.	Relato dos grupos.
		Solicitar que cada grupo elabore questões a serem respondidas pelos demais alunos, individualmente.	Avaliar as mudanças nas concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.

Em seu relato anterior ao desenvolvimento da proposta em sala de aula, o licenciando afirmava acreditar na possibilidade de se obter bons resultados em termos de aprendizagem.

“(...) Eu acho que com a metodologia que eu estou propondo nesse curso, usando a História para discutir as noções dos alunos e também uma parte experimental, vai ser mais fácil obter melhorias nas concepções dos alunos sobre essa parte da queda dos corpos”.

Renato inicia sua proposta de minicurso com a explicitação das noções dos estudantes através do questionário utilizado por nós no início da pesquisa (anexo 2) e aproveita para avaliar as respostas antes da aula experimental. Os resultados são descritos pelo aluno como muito semelhantes aos apresentadas por nós durante o curso. A seguir, o licenciando realiza uma aula expositiva participativa a partir da apresentação em retroprojeter de alguns aspectos históricos.

Durante a aula experimental o licenciando não teve dificuldades em organizar os participantes, já que o docente responsável pela disciplina estava presente e afirmou que a atividade valeria nota. Entretanto, o tempo disponível não foi suficiente para a realização de todas as atividades idealizadas no planejamento.

Os grupos apresentaram dificuldades na compreensão e o licenciando procurou inserir exemplos do desenvolvimento histórico, citando Aristóteles e Galileu, procurando demonstrar que já houve diferentes modelos para explicar a queda dos corpos.

Em suas palavras:

“(...) Foi uma situação difícil, pois mesmo eu tentando refazer a queda dos objetos, falando sobre a resistência do ar e depois citando a parte histórica alguns alunos pareciam meio desconfiados. (...) Eu acho que não consegui convencer os alunos totalmente. Eu tenho a impressão que alguns, acho que a minoria conseguiu captar o conceito”.

Não foi possível concluir a atividade em que os alunos deveriam elaborar questões a serem respondidas pelos demais participantes e com isso

Renato revela sua frustração ao afirmar que não pôde chegar a uma conclusão sobre a aprendizagem dos alunos na ausência de um material escrito e individual.

Em seu relato final sobre a intenção de continuar inserindo a História da Ciência no ensino, além das concepções alternativas dos alunos, o licenciando afirma que:

“(...) Eu acho que a História é um instrumento que o professor pode usar para tornar as aulas mais interessantes e mais participativas. Eu penso que assim a aula não fica só um monte de fórmulas que os alunos não gostam. (...) Eu gostei de aplicar as questões sobre concepções porque eu senti que fiquei mais preparado, pois já sabia onde estavam as principais dificuldades dos alunos. Mas é complicado fazer isso sempre porque nós não tivemos muito disso na nossa formação”.

4. O minicurso de Felipe:

O aluno Felipe concentrou seu planejamento no estudo dos sistemas de mundo, nas relações entre força e movimento e na queda dos corpos na superfície da Terra.

Para tanto, preparou uma animação em computador que simulava o movimento solar, visto da Terra em diferentes épocas do ano. Seu objetivo era utilizar o material para propor uma discussão sobre os modelos geocêntrico e heliocêntrico e avaliar as concepções dos alunos sobre o tema.

Em um segundo momento, discute a relação entre força e movimento no lançamento vertical de corpos, buscando evidenciar possíveis concepções de força impressa.

A seguir, propõe um estudo sobre queda dos corpos a partir das concepções historicamente desenvolvidas e das noções apresentadas pelos próprios estudantes.

A História da Ciência é inserida como forma de despertar o interesse pelo assunto estudado, além de demonstrar o caráter evolutivo das idéias científicas e revelar que estudiosos do passado defenderam noções semelhantes às concepções alternativas dos alunos.

O quadro 6.22 procura sintetizar as idéias sugeridas pelo licenciando.

Quadro 6.22: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pelo aluno Felipe.

Felipe				
Primeiro ano do Ensino Médio – Escola Particular				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2		Apresentação da simulação computacional sobre o movimento solar.	Despertar o interesse pelo assunto a ser estudado.	
		Dividir a classe em grupos, solicitando que respondam a questão: Como o Sol e a Terra estão dispostos no sistema solar?	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Respostas dos grupos.
	1) O modelo planetário atualmente aceito. Descrição dos modelos geocêntrico e heliocêntrico.	Aula expositiva participativa com o auxílio de uma apresentação em retroprojeter.	Demonstrar a evolução dos conceitos. Revelar que pensadores do passado já defenderam noções diferentes das atualmente aceitas.	
Aulas 3 e 4	2) Relação entre força e movimento – força impressa.	<i>Aplicação das questões 1 e 2 do questionário de concepções alternativas (anexo 2).</i>	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.

		<p>Aula expositiva participativa com o auxílio de uma apresentação em retroprojeto.</p>	<p>Discutir a concepção de movimento defendida por Aristóteles e pelos pensadores do ímpetus na Idade Média, revelando possíveis semelhanças com as noções apresentadas pelos estudantes.</p> <p>Diminuir as concepções alternativas.</p>	<p>Questões dissertativas sobre os temas estudados, debatidas em grupos.</p>
Aulas 5 e 6	3) Queda dos corpos na superfície da Terra.	<p>Aplicação da questão 5 do questionário de concepções alternativas (anexo 2): Dois corpos de mesmas dimensões, mas com massas diferentes são abandonados da mesma altura. Qual deles deverá atingir o solo primeiro? Explique.</p>	<p>Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.</p>	
		<p>Aula expositiva participativa com o auxílio de uma apresentação em retroprojeto.</p>	<p>Discutir a queda de corpos na superfície da Terra, permitindo que os alunos percebam que o movimento é regido pela mesma aceleração.</p> <p>Discutir as concepções de Aristóteles, Galileu sobre a queda dos corpos, revelando possíveis semelhanças com as noções apresentadas pelos estudantes.</p> <p>Diminuir as concepções alternativas.</p>	<p>Questões dissertativas sobre os temas estudados debatidas em grupos.</p>
A ser realizada 15 dias após o curso.		<p>Aplicação das questões sobre concepções alternativas utilizadas anteriormente.</p>	<p>Verificar a evolução das concepções.</p>	<p>Questões individuais.</p>

Como o licenciando atuava como docente em uma escola particular, não poderia dispor de seis aulas para a realização da proposta em função da metodologia rígida da instituição. Dessa forma, optou por realizar aulas extras no período da tarde, oferecendo um acréscimo na nota dos alunos que participassem de todas as atividades.

Em sua exposição da proposta, anterior à realização do estágio de regência, Felipe acreditava que poderia obter melhoras significativas nas concepções dos alunos. Em suas palavras:

“Como a gente estudou aqui que essas concepções são difíceis de serem mudadas, eu espero poder ajudar os alunos a melhorar essas idéias, sabe? Porque eu acho que milagre a gente não poder fazer, mas eu acho que vou poder fazer com eles reflitam sobre as coisas, os conceitos e melhorem bastante as concepções”.

Apesar da decepção com o número reduzido de alunos, já que apenas nove participaram de todas as aulas, Felipe conseguiu realizar as atividades propostas.

Em cada momento procura utilizar a História da Ciência para discutir com os alunos semelhanças com as noções diagnosticadas a partir das questões sobre concepções alternativas e ao final de cada aula solicita que os alunos respondam em pequenos grupos questões relativas ao temas estudados.

Um ponto interessante que merece destaque é o fato de que o licenciando realiza um “pós-teste” das concepções dos alunos apenas duas semanas depois do final do minicurso. Em suas palavras:

“Nas questões que eles responderam em sala de aula eu pude perceber uma certa melhora, mas eram coisas que a gente tinha acabado de discutir. Além disso, eles também estavam em grupos e não dava pra saber ao certo o que cada um estava pensando. Eu passei as questões só depois para ver se alguma coisa havia realmente ficado na cabeça deles”.

Felipe relata uma sutil melhora nas noções dos alunos.

“Não era exatamente o que eu esperava. Eu sabia das dificuldades, mas eu queria mesmo é que todos tivessem respondido as questões corretamente”.

A História é avaliada pelo licenciando como ponto crucial no desenvolvimento da proposta, já que, ao tentar relacionar os temas debatidos com elementos históricos ele pôde tornar as aulas mais interessantes.

“Eu notei que os alunos gostaram bastante porque eles nunca tinham estudado nada a respeito da História da Ciência e eles ficaram bem surpresos com aquelas idéias antigas”.

Em seu relato final sobre a intenção de continuar inserindo a História da Ciência no ensino, além das pré-concepções dos estudantes, Felipe ainda revela algumas ressalvas:

“(...) Eu pretendo continuar usando nas aulas, mas não sei se vou conseguir fazer do mesmo jeito que eu fiz aqui. (...) Tem a questão do tempo e outro problema é que na escola onde eu trabalho, eu só consegui fazer isso porque eu me ofereci pra trabalhar fora do horário, sem comprometer o andamento das apostilas, sabe?”

5. O minicurso de Mariana:

A aluna Mariana baseou sua proposta de minicurso na utilização de uma apresentação expositiva feita a partir de um retroprojektor.

Com relação à inserção da História da Ciência no ensino, o planejamento foi elaborado com um caráter meramente informativo e não há espaço para a participação dos alunos.

Em sua apresentação para a classe do projeto de minicurso, entretanto, a aluna afirmava a intenção de realizar uma aula participativa.

“(...) eu vou introduzir os conceitos de gravitação aos alunos do ensino médio através de uma aula diferenciada que não seja tradicional. Eu quero fazer uma discussão de alguns modelos históricos para que os alunos possam entender melhor alguns conceitos”.

O quadro 6.23 procura sintetizar as idéias sugeridas pela aluna.

Quadro 6.23: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pela aluna Mariana.

Mariana				
Primeiro ano do Ensino Médio – Escola Pública				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2		Aplicação de um questionário para coletar as concepções dos alunos.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.
	1) O modelo planetário atualmente aceito. Descrição dos modelos geocêntrico e heliocêntrico. 2) O modelo de Kepler; estudo das elipses.	Aula expositiva com o auxílio de uma apresentação em retroprojeter.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 3 e 4	3) A gravitação universal; campo gravitacional; aceleração da gravidade.	Aula expositiva com o auxílio de uma apresentação em retroprojeter.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
		Mostrar os resultados da aplicação do questionário de concepções com os alunos.	Corrigir as concepções alternativas.	Resolução de uma lista de exercícios numéricos.

A proposta da licencianda parte da explicitação das concepções alternativas dos estudantes sobre o tema atração gravitacional a partir do questionário utilizado por nós no início da pesquisa (anexo 2).

Ainda que a proposta do minicurso da aluna reflita algumas das discussões realizadas em sala de aula, como a utilização das concepções alternativas dos alunos e a inserção da História da Ciência, as aulas desenvolvidas em situações reais seguem uma orientação tradicional a partir de aulas expositivas.

Apesar de coletar as pré-concepções dos estudantes sobre o tema, Mariana não discute os conceitos ao longo das aulas e apenas apresenta os resultados para os alunos. Apesar das discussões realizadas durante o curso no primeiro semestre, a aluna demonstra acreditar que a simples exposição das respostas corretas será capaz de “corrigir” as concepções dos estudantes. Em suas palavras:

“(...) Eu acho que com a apresentação que eu preparei, com os modelos bem claros eu vou conseguir inserir os conceitos na cabeça deles. Eu acho que assim eles podem perceber que as respostas que eles deram antes (no questionário sobre concepções) estavam erradas”.

As quatro aulas programadas foram realizadas, entretanto, grande parte dos alunos presentes nas duas primeiras, faltou nas seguintes.

Suas expectativas com relação à aplicação da proposta foram frustradas, uma vez que as respostas dos participantes ao questionário final não corresponderam à aprendizagem esperada. A fala da aluna deixa transparecer sua profunda afinidade com o ensino tradicional, baseado na transmissão passiva de conhecimentos.

“(...) Eu fiquei bem decepcionada quando eu fui corrigir as questões que eles responderam. Eu esperava que eles tivessem entendido melhor os conceitos que eu quis transmitir.”

Quanto à sua intenção de continuar utilizando a História da Ciência e as pré-concepções dos estudantes em sua atividade docente, Mariana afirma:

“(...) Eu acho que vale a pena, mas é um pouco difícil desenvolver o conteúdo dessa forma. (...) é muito complicado para um professor conseguir pesquisar sempre coisas novas e a História para poder inserir nas aulas, não tem tempo”.

6. O minicurso de Carolina:

A licencianda trabalhava como plantonista de Física em uma escola particular, onde realizou suas atividades de estágio. O professor responsável pela disciplina não pôde disponibilizar o tempo pedido pela aluna já que a metodologia de trabalho da escola prevê o desenvolvimento linear e integral de uma série de apostilas.

Dessa forma, Carolina optou por oferecer seu minicurso sobre gravitação durante suas aulas do plantão de dúvidas, no período da tarde.

O planejamento de minicurso da aluna é apresentado no quadro 6.24.

Quadro 6.24: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pela aluna Carolina.

Carolina				
Segundo ano do Ensino Médio – Escola Particular				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2		Aplicação de um questionário para coletar as concepções dos alunos uma semana antes do desenvolvimento do minicurso.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema antes do início das aulas.	Questões individuais.
	1) A História da Gravitação: a) O modelo geocêntrico proposto por Aristóteles e Ptolomeu. b) As contribuições de Galileu e Kepler. c) A síntese newtoniana.	Aula expositiva com o auxílio de uma apresentação em retroprojektor.	Demonstrar a evolução dos conceitos, procurando esclarecer os erros cometidos pelos alunos no questionário.	
Aulas 3 e 4	2) A relação entre os movimentos celestes e terrestres.	Debate em pequenos grupos sobre a questão: Porque um corpo na superfície da Terra cai e um astronauta no espaço parece flutuar? Debate em plenária das respostas.		

	Aplicação de um questionário semelhante ao que foi inicialmente respondido pelos alunos para coletar as concepções.	Avaliar as novas concepções dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.
--	---	--	-----------------------

Das quatro aulas propostas no planejamento, apenas duas puderam ser ministradas, já que os alunos estavam entrando em um período de provas e a diretora da escola solicitou que as aulas de plantão enfatizassem as dúvidas dos discentes.

Durante a apresentação inicial do planejamento em sala de aula, antes da realização do estágio de regência, a aluna demonstrava acreditar em bons resultados em termos de participação e aprendizagem. Em suas palavras:

“Eu acho que vai ser bem interessante porque essa turma que eu vou pegar é um pessoal bem interessado. Eu nunca vi uma turma assim, tão interessada, sabe? Eu acho que vai dar pra discutir bastante a História da Ciência e eu acho que vou conseguir mudar as idéias deles”.

Apesar da proposta do minicurso da aluna refletir algumas das discussões realizadas em sala de aula, como a explicitação das concepções alternativas dos alunos, a inserção da História da Ciência além da realização de atividades em grupos e debates, as aulas desenvolvidas em situações reais não têm nenhuma relação com o planejamento apresentado, seguindo uma orientação meramente tradicional a partir de aulas expositivas.

A inserção da História da Ciência no ensino foi realizada com um caráter meramente informativo, sem espaço para a participação dos alunos. Além disso, apesar de iniciar as aulas procurando levantar as concepções dos participantes sobre o tema, a aluna não usou as pré-concepções em nenhum outro momento do minicurso.

Quando confrontada com a total dissociação apresentada, a aluna revela durante seu mini-seminário final para a apresentação dos resultados que o problema mais grave foi em relação ao tempo disponível.

“Eu avisei a escola com um mês de antecedência que eu precisaria de quatro aulas para fazer o meu trabalho e eles disseram que estava tudo bem. Um dia antes da data marcada para o meu trabalho eles me ligaram dizendo que eu só poderia usar duas aulas. Aí eu fiquei meio perdida e resolvi fazer uma aula mais tradicional que é o que a gente está mais acostumada”.

Ainda que atribua sua postura durante as aulas ministradas exclusivamente aos problemas relativos ao entorno escolar, Carolina deixa transparecer em vários momentos de sua fala uma profunda afinidade com o ensino tradicional, baseado na transmissão passiva de conhecimentos.

“Eu só fiquei um pouco chateada porque eu não consegui passar o questionário de concepções depois da aula que eu dei e assim fica difícil saber se os alunos assimilaram alguma coisa dos conhecimentos que eu tentei passar pra eles”.

Quanto à sua intenção de continuar utilizando a História da Ciência e as concepções dos estudantes em sua atividade docente, Carolina revela:

“(...) Eu pretendo inserir a História mais como uma forma de apresentar a matéria e despertar o interesse dos alunos (...) para fazer algo mais elaborado e incluir as idéias dos alunos eu acho difícil já que o professor não tem muito tempo nem nas aulas e nem para preparar”.

7. O minicurso de Elaine:

A aluna Elaine baseou sua proposta de minicurso em uma exposição dialogada, feita a partir de uma apresentação em retroprojektor.

Em seu planejamento procura inserir as discussões acerca da História da Ciência como forma de despertar o interesse pelo assunto estudado, além de demonstrar o caráter evolutivo das idéias científicas.

Durante sua apresentação para a classe do projeto de minicurso a aluna afirmava a intenção de realizar uma aula participativa.

“Eu quero mostrar não só uma evolução dos conceitos, sabe, mas também que a Ciência é feita por homens, e está sujeita à sentimentos e opiniões. (...) Eu também quero mostrar que não existe nada acabado e que a Ciência está em construção. Por isso eu quero fazer uma aula participativa, quero que os alunos discutam e comentem a apresentação que eu pretendo fazer com o retroprojeto.”

O planejamento de minicurso da aluna é apresentado no quadro 6.25.

Quadro 6.25: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pela aluna Elaine.

Elaine				
Terceiro ano do Ensino Médio – Escola Pública				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2		Aplicação de um questionário para coletar as concepções dos alunos.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.
	1) Alguns aspectos da História da Ciência: a) um breve relato sobre Aristóteles. b) Ptolomeu. c) Copérnico e Galileu.	Aula expositiva dialogada com o auxílio de uma apresentação feita com o retroprojeto.	Mostrar ao aluno o caminho percorrido pela humanidade na busca de uma teoria universal que explicasse os movimentos dos corpos terrestres e celestes.	
Aulas 3 e 4	d) As leis de Kepler. e) Newton e a lei da gravitação universal. f) Aplicações.	Aula expositiva dialogada com o auxílio de uma apresentação feita com o retroprojeto.	Mostrar ao aluno o caminho percorrido pela humanidade na busca de uma teoria universal que explicasse, tanto os movimentos terrestres como os celestes. Debater os conceitos físicos.	
			Avaliar a aprendizagem dos alunos.	Prova escrita.

Apesar da intenção relatada de debater com os alunos os conceitos estudados e permitir uma compreensão acerca do desenvolvimento do conhecimento científico, Elaine revela uma prática tradicional, com uma apresentação expositiva de fatos e datas, sem espaço para discussão e participação.

A avaliação sugerida pela aluna restringiu-se a uma prova escrita, realizada ao final das aulas. Além disso, embora tenha citado no planejamento, não há uma preocupação com as concepções alternativas dos estudantes.

Durante o mini-seminário final, a aluna relatou que não conseguiu atingir os objetivos propostos durante o curso realizado na disciplina de Prática de Ensino, e afirma que por segurança, preferiu manter a organização da classe.

“Eu senti que seria muito difícil obter a participação dos alunos já que eles são muito passivos. (...) Eu também fiquei com um pouco de medo de iniciar um debate e não conseguir tirar todas as dúvidas deles, então eu preferi dar uma aula expositiva, né? Eu tentei fazer algo diferente, mas ainda me sinto presa ao tradicional que é mais fácil”.

Sobre a intenção de continuar inserindo a História da Ciência e as concepções alternativas dos alunos em sua atividade docente, Elaine afirma:

“(...) Eu pretendo usar a História nas minhas aulas, mas eu acho que não dá pra fazer isso sempre e com todos os conceitos. Aqui a gente teve o curso sobre a História da Gravitação e discutiu sobre como introduzir a História no ensino e quais as idéias dos alunos sobre o assunto e mesmo assim eu achei difícil. Quando eu tiver que dar aula, muitas aulas, eu acho que não vai dar tempo”.

8. O minicurso de Ana:

A proposta de minicurso da licencianda parte da explicitação das concepções alternativas dos estudantes sobre o tema atração gravitacional (anexo 2) e procura inserir a História da Ciência como forma de despertar o interesse pelo assunto estudado, além de demonstrar o caráter evolutivo das idéias científicas.

Em sua apresentação para a classe do projeto de minicurso a aluna afirmava a intenção de realizar uma aula que envolvesse a participação dos alunos.

“(...) Eu vou desenvolver as idéias históricas com eles e quero fazer com que eles participem. Eu pretendo fazer atividades em que os alunos discutam os temas (...) não adianta eu ficar falando só. Eles têm que participar pra refletir sobre as idéias que eles têm e que precisam ser mudadas”.

Suas expectativas em termos de aprendizagem eram elevadas, indicando que apesar das discussões realizadas em sala de aula, Ana acreditava no simples abandono das concepções alternativas dos estudantes.

“Eu acho que vou poder instruir os alunos de tal modo que eles tenham uma visão mais profunda do universo em que vivemos. (...) Eu pretendo fazer com que eles consigam entender as leis físicas que regem o movimento dos corpos celestes e terrestres e assim, mudar a opinião errônea deles”.

O quadro 6.26 revela o planejamento da aluna.

Quadro 6.26: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pela aluna Ana.

Ana				
Primeiro ano do Ensino Médio – Escola Pública				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2		Aplicação de um questionário para coletar as concepções dos alunos.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.
		Discussão sobre a importância de se estudar Gravitação.	Despertar o interesse pelo tema.	
	1) Os modelos planetários geocêntrico e heliocêntrico (Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico).	Aula expositiva participativa.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 3 e 4	2) As leis de Kepler. 3) Lei da gravitação universal.	Aula expositiva participativa.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
	3) A experiência de Henry Cavendish – medida da constante G.	Aula expositiva participativa.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 5 e 6	4) Noções básicas de: Movimento de satélites; Dias e noites; Eclipses; Marés.	Dividir a classe em grupos, solicitando que respondam: Como você explica: O movimento de satélites; A ocorrência de dias e noites; Os eclipses e as marés.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Respostas dos grupos.
		Debater os resultados em plenária.	Eliminar as concepções alternativas dos estudantes.	
		Aplicação do questionário para coletar as concepções dos alunos.	Avaliar as novas concepções dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.

Mesmo refletindo algumas das discussões realizadas em sala de aula em seu minicurso, como a explicitação das concepções alternativas dos alunos, a inserção da História da Ciência além da realização de debates, as aulas desenvolvidas em situações reais seguem uma orientação tradicional a partir de aulas expositivas.

As concepções dos estudantes sobre o tema, reveladas inicialmente, não são retomadas e o desenvolvimento das aulas segue um padrão informativo, sem espaço para a participação dos alunos. Além disso, a avaliação restringiu-se a uma prova escrita, realizada ao final das aulas.

Quando questionada sobre a dissociação entre a proposta e a prática durante o mini-seminário final para a exposição dos resultados, Ana atribui a culpa à falta de interesse dos alunos e ao seu receio de não conseguir desenvolver os conteúdos de forma inovadora.

“No começo eu estava mais animada, mas quando eu comecei a dar as aulas eu senti uma falta de interesse enorme por parte dos alunos. Teve dia em que eu dei aula pra uma meia dúzia que queria aprender alguma coisa. (...) Além do mais eu tive medo de começar e não conseguir fazer uma aula mais participativa, dos alunos perceberem que eu estava meio atrapalhada e perguntarem coisas que eu não soubesse responder. (...) Eu preferi fazer mais tradicional mesmo”.

Sobre a intenção de continuar inserindo a História da Ciência no ensino e as pré-concepções dos estudantes, Ana revela:

“Eu vou continuar usando, mas apenas para uma introdução da matéria, algo mais ilustrativo mesmo, pois é muito interessante o estudante saber o que ele está estudando (...) Sobre as concepções eu acho interessante o professor saber para estar mais bem preparado para as aulas”.

9. O minicurso de Roberta:

A aluna Roberta desenvolveu sua proposta de minicurso a partir de uma apresentação escrita do conteúdo distribuída aos alunos.

A inserção da História da Ciência no ensino tem um caráter ilustrativo e não há espaço para a participação dos alunos. Além disso, apesar de mencionar no planejamento, não há uma preocupação com as concepções alternativas dos alunos.

Em sua apresentação para a classe do projeto de minicurso, entretanto, a aluna afirmava a intenção de realizar uma aula participativa, eliminando a postura passiva dos alunos.

“Eu quero fazer uma aula bem dinâmica, dando oportunidade para que os alunos reflitam sobre a matéria e expressem suas opiniões”.

Apesar das discussões realizadas durante o curso, Roberta revela a crença em mudanças radicais nas concepções dos alunos sobre o tema.

(...) eu acho que é possível fazer com que eles percebam que suas idéias (expressas no questionário de concepções alternativas) estão erradas e precisam ser substituídas”.

O quadro 6.27 expressa a proposta da licencianda.

Quadro 6.27: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pela aluna Roberta.

Roberta				
Segundo ano do Ensino Médio – Escola Pública				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2		Iniciar a aula questionando os alunos sobre a razão da queda dos corpos.	Despertar o interesse dos estudantes sobre o tema.	Participação dos alunos na discussão.
		Aplicação de um questionário para coletar as concepções dos alunos.	Avaliar as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema.	Questões individuais.

	1) A Gravitação universal: a) Os modelos planetários – heliocêntrico e geocêntrico.	Aula expositiva participativa a partir do conteúdo escrito distribuído aos alunos.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 3 e 4	b) As leis de Kepler. c) Lei da Gravitação universal.	Aula expositiva participativa a partir do conteúdo escrito distribuído aos alunos.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
			Avaliar a aprendizagem dos alunos.	Prova escrita.

A prática docente da licencianda não corresponde ao discurso apresentado. Apesar de inserir em seu planejamento a necessidade de se partir das noções prévias dos estudantes, Roberta opta por partir direto para uma exposição dos conteúdos.

Suas expectativas com relação à aplicação da proposta foram frustradas, uma vez que as respostas dos participantes ao questionário final não corresponderam à aprendizagem esperada.

“Quando eu fui olhar as respostas deles ao questionário que eu passei eu fiquei bem decepcionada. Nem todos responderam e aqueles que responderam erraram muito”.

Além disso, muitos dos alunos presentes nas aulas iniciais faltaram nas seguintes.

Sobre a intenção de continuar inserindo aspectos históricos, além das concepções alternativas dos estudantes, Roberta revela durante o mini-seminário final:

“Eu gostaria de tentar de novo. Essa foi a minha primeira aula e eu acho que deixei de fazer muitas coisas que eu poderia fazer para melhorar a aula, sabe? Mas eu pretendo usar esses recursos mais

como uma carta na manga, pra despertar o interesse dos alunos porque pra fazer do jeito que a gente discutiu aqui, na prática é difícil. (...) exige um melhor preparo do professor e mais tempo”.

10. O minicurso de Celso:

A proposta de Celso foi coerente com as aulas ministradas por ele no Ensino Médio. Atuando como docente em um colégio particular da cidade, o licenciando propôs a realização de um minicurso estritamente tradicional, baseado na exposição de fatos e avaliado a partir de uma prova escrita.

Em sua apresentação antes da realização do estágio de regência, o aluno comentou achar muito difícil fazer algo diferente. Em suas palavras:

“(...) Eu acho meio difícil inserir a História e levantar as concepções dos alunos e tudo mais do jeito que foi discutido aqui na classe. Eu prefiro fazer uma coisa mais tradicional porque pelo menos eu vou me sentir mais seguro e acho que não corro o risco de começar uma coisa e não saber terminar. Eu pretendo colocar algumas idéias sobre a História para os alunos saberem (...) pretendo fazer isso de uma forma mais expositiva mesmo”.

As expectativas em termos de aprendizagem reveladas eram elevadas, indicando que apesar das discussões realizadas em sala de aula, Celso acreditava no abandono das concepções alternativas dos estudantes mediante a simples exposição dos conteúdos.

“Eu acho que os alunos vão se interessar pelo simples fato de que o assunto é uma novidade e eu vou falar um pouco da História. Eu acredito que eu vou conseguir fazer com que eles aprendam, pois eu pretendo explicar bem os assuntos e fazer com eles alguns exemplos. Assim eu acho que eu vou obter bons resultados”.

O quadro 6.28 revela a proposta do licenciando.

Quadro 6.28: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pelo aluno Celso.

Celso				
Segundo ano do Ensino Médio – Escola Particular				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2	1) Os modelos planetários geocêntrico e heliocêntrico. 2) As leis de Kepler. 3) Newton e a gravitação universal.	Aula expositiva. Realização de exercícios.	Demonstrar a evolução dos conceitos. Fixar os conceitos estudados.	
			Avaliar a aprendizagem dos alunos.	Prova escrita.

Não há uma preocupação com as concepções prévias dos alunos e a História aparece apenas com um caráter ilustrativo.

Celso relata não ter tido problemas na realização do minicurso, já que era o docente responsável pela disciplina e atribuiu nota às provinhas realizadas pelos alunos.

Em seu trabalho procurou enfatizar a realização de exercícios numéricos sobre as leis de Kepler e sobre a queda dos corpos, em detrimento das discussões conceituais.

Durante o mini-seminário final para a exposição dos resultados, entretanto, o licenciando revela sua decepção com as avaliações dos alunos:

“Eu não fiquei muito satisfeito com os resultados das provinhas deles. Eu acho que eu vou ter que retomar esse assunto com eles, porque parece que o que eu quis transmitir não ficou muito claro”.

Sobre a intenção de inserir a História da Ciência e as concepções alternativas dos estudantes em sua atividade docente, Celso relata:

“Eu acho que não. É muito difícil fazer algo diferente do tradicional. Além do mais, na escola onde eu trabalho isso não é encarado como algo relevante, sabe? Lá temos que nos concentrar nas apostilas e cumprir o programa”.

11. O minicurso de Gustavo:

O planejamento de Gustavo reflete sua postura estritamente tradicional frente aos processos de ensino e aprendizagem.

Durante as discussões na disciplina de Prática de Ensino, o licenciando sempre deixou claro não acreditar na importância e viabilidade de se inserir inovações no ensino de Física.

A História da Ciência assume um caráter meramente ilustrativo e não há espaço para a participação dos alunos.

O quadro 6.29 sintetiza a proposta do licenciando.

Quadro 6.29: Síntese do planejamento de minicurso sugerido pelo aluno Gustavo.

Gustavo				
Primeiro ano do Ensino Médio – Colégio Técnico Industrial				
Aulas	Conteúdo	Atividade desenvolvida	Objetivos	Avaliação
Aulas 1 e 2	1) Os modelos planetários geocêntrico e heliocêntrico. 2) O modelo atual do sistema planetário. 3) As leis de Kepler.	Aula expositiva. Realização de exercícios individuais de fixação.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 3 e 4	4) Lei da gravitação universal. 5) A experiência de Henry Cavendish – medida da constante G.	Aula expositiva. Realização de exercícios individuais de fixação.	Demonstrar a evolução dos conceitos.	
Aulas 5 e 6	6) Campo gravitacional. 7) Aceleração da gravidade.	Aula expositiva. Realização de exercícios individuais.		
		Realização de exercícios individuais.	Avaliar a aprendizagem dos alunos.	Prova escrita.

Em sua exposição anterior ao desenvolvimento da proposta em sala de aula, o licenciando revelava a intenção de explorar o máximo em termos de quantidade de informações, além de demonstrar uma crença na possibilidade de se eliminar completamente as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema atração gravitacional apenas a partir de boas explicações.

“Eu tô preocupado com os conteúdos que eu vou passar pros alunos. (...) o planejamento que eu montei é muito extenso e eu queria fazer uma coisa que ao meu ver abrangesse bastante coisa”.

“(...) quando eu for explicar um assunto, eu pretendo dar vários exemplos e explicar bem pra conseguir dar uma limpada nas concepções dos alunos e eles poderem migrar para o conceito correto”.

Devido à impossibilidade da professora responsável pela disciplina disponibilizar mais do que duas horas, as aulas foram realizadas no período da tarde.

Em seu relato final durante o mini-seminário para a apresentação dos resultados, o licenciando revela uma certa frustração ao relatar que, durante as três semanas de duração do minicurso, a frequência dos alunos caiu consideravelmente de 17 participantes nas aulas iniciais, 8 nas intermediárias e apenas 3 no último dia, quando o licenciando afirmou que realizaria uma prova escrita. Dessa forma, não pôde avaliar os alunos como gostaria e acabou inclusive diminuindo as atividades e exercícios que havia programado.

Sobre sua intenção de continuar inserindo a História da Ciência e as concepções alternativas dos estudantes em sua atividade docente, Gustavo revela:

“Eu acho até interessante, mas eu acho que não dá pra inserir a História nas aulas e fazer o diagnóstico de todas as concepções alternativas dos alunos. (...) eu acho que na prática isso é inviável”.

Uma breve síntese

De acordo com a análise dos minicursos desenvolvidos, podemos dividir o trabalho dos licenciandos em três grupos:

- 1) Propostas mais engajadas – licenciandos procuraram inserir inovações conforme debatidas em sala de aula.

- 2) Propostas dissociadas da prática - planejamentos contendo algumas inovações e prática essencialmente tradicional.
- 3) Propostas tradicionais - proposta e prática coerentes com a lógica tradicional.

Apenas quatro minicursos foram desenvolvidos mais de acordo com as discussões realizadas durante o curso na disciplina de Prática de Ensino de Física (categoria 1).

Fabiana, Felipe, Karina e Renato procuraram usar as pré-concepções dos estudantes, inserir a História da Ciência como forma de despertar o interesse pelo assunto estudado, além de demonstrar o caráter evolutivo das idéias científicas e revelar que estudiosos do passado defenderam noções semelhantes às concepções alternativas dos alunos. Promoveram ainda trabalhos e discussões em pequenos grupos.

Em outras cinco propostas observa-se a total dissociação entre teoria e prática (categoria 2). Ana, Carolina, Elaine, Mariana e Roberta realizaram minicursos baseados apenas na transmissão e recepção passiva de conhecimentos, apesar dos planos de aula refletirem algumas das discussões realizadas em sala de aula, como a explicitação das concepções alternativas dos alunos, a inserção da História da Ciência além da realização de atividades em grupos e debates, as aulas desenvolvidas em situações reais não têm nenhuma relação com o planejamento apresentado.

Dois planejamentos foram idealizados e desenvolvidos a partir da lógica tradicional (categoria 3). Celso e Gustavo aplicaram minicursos coerentes com suas crenças no ensino baseado na recepção passiva de conhecimentos.

O quadro 6.30 revela a distribuição dos alunos por categorias, relacionando as intenções dos licenciandos em continuar a inserir inovações no ensino de Ciências.

Quadro 6.30: Categorias dos minicursos desenvolvidos pelos participantes e opinião dos licenciandos sobre a possibilidade de continuarem inserindo inovações no ensino de Física.

		ALUNOS	Pretende continuar inserindo inovações no Ensino de Física (História da Ciência e concepções alternativas).		
			SIM	SIM (Com ressalvas)	NÃO
Propostas mais engajadas.	Licenciandos procuraram inserir inovações conforme debatidas em sala de aula.	Fabiana Felipe Karina Renato	X	X X X	
Propostas dissociadas da prática.	Planejamentos contendo algumas inovações e prática essencialmente tradicional.	Ana Carolina Elaine Mariana Roberta		X X X X	
Propostas tradicionais.	Proposta e prática coerentes com a lógica tradicional.	Celso Gustavo			X X

É interessante notar que, mesmo entre os alunos que procuraram desenvolver minicursos mais coerentes com as nossas orientações, ainda persistem aspectos relativos à lógica tradicional como a utilização de aulas expositivas participativas, além de algumas ressalvas sobre as possibilidades de inserção de inovações no ensino de Física, tais como: a falta de tempo para o professor preparar as aulas, falta de preparo durante a formação o que dificultaria o abandono da concepção tradicional; desinteresse dos alunos, limitações impostas pelo “entorno escolar”, entre outras.

Dessa forma, dos onze minicursos analisados, sete (categorias 2 e 3) tiveram como base exclusivamente o modelo tradicional de ensino, sendo desenvolvidos a partir de aulas expositivas.

Os demais planejamentos (categoria 1), concebidos de forma mais inovadora não conseguiram fugir totalmente da concepção tradicional de ensino, recorrendo em alguns momentos a aulas expositivas participativas, promovendo a interação dos estudantes com perguntas e respostas.

6.4.2 - MOMENTO 4: Considerações sobre a evolução dos licenciandos e análise das concepções ao final do processo.

Como última atividade desenvolvida ao final do segundo semestre letivo, solicitamos aos alunos que respondessem novamente os questionários sobre concepções alternativas relacionadas ao tema atração gravitacional (anexo 8)²⁵ e sobre concepções de Ciências (VOSTS - anexo 1). Isto se justifica uma vez que pretendíamos verificar possíveis desenvolvimentos nas noções dos licenciandos.²⁶

Iremos a seguir analisar os resultados, buscando traçar um paralelo entre as concepções iniciais e finais dos participantes.

a) Concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional.

Para este levantamento utilizamos um questionário escrito, semelhante ao que foi inicialmente respondido pelos alunos (anexo 8). Foram aplicadas seis questões que buscavam revelar as noções dos licenciando sobre os mesmos aspectos pesquisados anteriormente: 1) força impressa no lançamento de corpos, 2) necessidade de um meio para a atuação da força atrativa, 3) queda dos corpos e 4) o movimento orbital.

Novamente, optamos por analisar as concepções dos participantes estabelecendo categorias, utilizando o procedimento por “milha”, onde o sistema de categorias não é fornecido e o título conceitual só é definido no final da operação (Bardin, 1994).

²⁵ O questionário sobre concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional é semelhante ao respondido inicialmente pelos participantes.

²⁶ As questões sobre as concepções a respeito dos processos de ensino e aprendizagem (anexo 3) e sobre as possibilidades de inserção da História da Ciência no ensino de Ciências (entrevista de grupo focal 1) não foram repetidas, uma vez que tais noções foram reveladas durante o processo de elaboração e aplicação dos minicursos.

Assim, as respostas dos alunos ao questionário foram classificadas nas mesmas quatro categorias de análise obtidas inicialmente, que foram agrupadas da menos elaborada para a mais elaborada.²⁷

O quadro 6.31 revela as características das categorias de análise.

Quadro 6.31: Características das categorias de análise do questionário final.

	Força impressa.	Necessidade de um meio físico.	Queda dos corpos.	Movimento orbital.
CATEGORIA 1	Não há indícios de concepções de força impressa.	Toda força necessita de um meio para se propagar.	Velocidade de queda proporcional ao peso.	No espaço quase não há gravidade.
CATEGORIA 2		Não.	Os corpos caem ao mesmo tempo. Forças iguais.	Não há gravidade no espaço.
CATEGORIA 3		Não.	Os corpos caem ao mesmo tempo no vácuo. Aceleração é a mesma para ambos.	Referência à gravidade e a um movimento de queda livre. Não explícita.
CATEGORIA 4		Não.	Os corpos caem ao mesmo tempo no vácuo. Aceleração é a mesma para ambos.	Referência a um movimento circular, a uma força central e uma velocidade tangencial.

Estaremos apresentando a seguir exemplos de respostas dos estudantes já classificados por categorias e procedendo à análise.

CATEGORIA 1:

Nesta categoria, no pós-teste não foram classificados nenhum dos participantes. As licenciandas Ana e Roberta evoluíram para a categoria 2, enquanto Karina foi classificada na categoria 3.

CATEGORIA 2:

²⁷ As categorias de análise mencionadas estão descritas em detalhes nas páginas 68 e 69. Apresentaremos aqui apenas uma réplica do quadro (6.4) que sintetiza as informações.

Estão classificados nesta categoria três participantes: Gustavo que manteve suas noções iniciais, Ana e Roberta que inicialmente foram classificadas na categoria 1.

No que diz respeito aos aspectos pesquisados, os sujeitos aqui classificados não apresentaram concepção de força impressa no lançamento de corpos (questões 1 e 2). Descrevem inclusive corretamente a atuação da força de atrito, contrária ao movimento apresentado pelos corpos.

Os licenciandos não relacionam a necessidade da existência de um meio físico para a atuação da força atrativa. Na questão três, referente às mudanças na indicação da balança dentro de uma bomba de vácuo, ou na superfície da Lua, os alunos afirmam:

Gustavo – (questão 3): “A indicação da balança continuará a mesma que se não estivesse no vácuo. Na superfície da Lua o que acontece é que a gravidade lá é menor, então a indicação da balança diminui”.

Ana – (questão 3): “A balança na Lua vai marcar menos do que a da Terra porque a gravidade da Lua é mais ou menos um sexto da gravidade da Terra. A balança dentro da bomba de vácuo vai marcar o mesmo que marcaria fora, pois o ar não interfere”.

Roberta – (questão 3): “A retirada do ar não influencia a marcação da balança. Na Lua ela é menor por causa da gravidade que é menor.”

Na quarta questão, referente à queda dos corpos, os participantes afirmam que os corpos caem ao mesmo tempo.

Gustavo – (questão 4): “A força gravitacional é a mesma nos dois corpos, então eles caem ao mesmo tempo no solo”.

Ana – (questão 4): “Os dois corpos chegam juntos ao solo porque a força é a mesma.”

Roberta – (questão 4): “Dois corpos em queda, partindo do repouso, chegam juntos ao solo devido à mesma força gravitacional que age sobre eles.”

Os licenciandos relacionam ainda o fato de que uma pena e uma bola de boliche cairiam ao mesmo tempo em uma situação de vácuo (questão 5),

porém, as respostas não refletem uma visão newtoniana, pois o argumento mais utilizado é que as forças que atuam nos corpos são iguais.

Sobre o movimento orbital, os alunos classificados nessa categoria ainda afirmam que não há gravidade no espaço.

Gustavo – (questão 6): “No interior da nave há uma situação de ausência de peso que acontece devido ao fato de que a nave para estar em órbita fica fora do campo gravitacional do planeta. Dessa forma, o astronauta e a nave ficam como se estivessem flutuando. No caso do pára-quedista, ele cai porque está sob a ação da gravidade da Terra”.

Ana – (questão 6): “Como no espaço não há gravidade, a nave e o astronauta flutuam. O pára-quedista está em queda devido à força da gravidade .”

Roberta – (questão 6): “A nave está muito distante e portanto fica fora do alcance da gravidade da Terra, o que não acontece com o pára-quedista”.

CATEGORIA 3:

Aqui estão classificados no pós-teste seis participantes: Carolina, Celso e Mariana que mantiveram suas noções iniciais, além de Karina (classificada anteriormente na categoria 1), Elaine e Renato (inicialmente classificados na categoria 2).

Novamente não há problemas com a força impressa no movimento de lançamento de corpos (questões 1 e 2).

Com relação à necessidade de um meio físico para a atuação da força atrativa, os participantes aqui descritos consideram que a indicação da balança não deverá se alterar por causa do vácuo (questão 3).

Carolina – (questão 3): “A marcação da balança vai ficar a mesma na superfície da Terra e dentro do vácuo. Na Lua é parecido com o caso da balança no vácuo já que lá não tem atmosfera, mas o que influencia a marcação é o valor de g que na Lua é bem menor”.

Celso – (questão 3): “A balança vai marcar o mesmo tanto dentro como fora do recipiente. Na Lua a única coisa que muda é que a gravidade é menor e então o valor da marcação será menor do que na Terra.”

Mariana – (questão 3): “Não acontecerá nada com os ponteiros da balança dentro do vácuo em relação à outra que está fora, pois a força peso continuará agindo sobre esse corpo. A balança na Lua irá marcar o peso de acordo com o valor da gravidade da Lua que é $1/6$ da gravidade da Terra.”

Elaine – (questão 3): “Na Lua a gravidade é menor (...) e o valor da indicação da balança depende do valor da atração gravitacional do local. Assim, a balança dentro e fora do vácuo irá marcar a mesma coisa, pois a retirada do ar não influencia. Na Lua a gravidade é menor, então a marcação da balança será menor.”

Karina – (questão 3): “Eu acho que não muda nada na indicação da balança porque o ar foi retirado. Na Lua, como a gravidade é menor, então a marcação da balança será menor.”

Renato – (questão 3): “Na Terra, seja dentro ou fora do recipiente conectado à bomba de vácuo, a marcação é a mesma. Já na Lua, a marcação é menor não por causa da falta da atmosfera mas por causa da gravidade que é bem menor, cerca de $1/6$ da gravidade da Terra.”

Sobre a queda dos corpos (questões 4 e 5), os licenciandos revelam uma discussão um pouco mais detalhada, e a justificativa para a queda passa a ser a mesma aceleração a que os corpos estariam submetidos e não mais a mesma força como descrito na categoria anterior.

Carolina – (questões 4 e 5): “Nesse caso, os corpos devem cair aproximadamente juntos, já que tem a resistência do ar apesar de eles terem a mesma aceleração.”

Celso – (questões 4 e 5): “No vácuo, ambos chegarão juntos ao solo. Na presença do ar eles devem chegar quase juntos já que estão sujeitos à mesma aceleração.”

Mariana – (questões 4 e 5): “Os corpos atingirão o solo ao mesmo tempo no vácuo. Como os corpos estão num meio onde tem ar, eles atingirão o solo quase ao mesmo tempo devido a aceleração que é a mesma para os dois.”

Elaine – (questões 4 e 5): “Os corpos caem com a mesma aceleração. Assim, se considerarmos que o evento ocorre no vácuo, podemos afirmar que os corpos chegam juntos ao solo. No caso do experimento ser realizado na presença do ar, a resistência do ar pode influenciar no tempo de queda dos objetos.”

Karina – (questões 4 e 5): “Dois corpos com massas tão diferentes como a pena e a bola de boliche poderão atingir o solo simultaneamente no vácuo, já que os objetos em queda estão sujeitos à mesma aceleração.”

Renato – (questões 4 e 5): “A aceleração com que os corpos caem na Terra é a mesma para os corpos, independente de sua massa. O que interfere no tempo de queda de um objeto é a resistência que o ar exerce sobre o mesmo, mas isso depende do seu formato. No caso da pena e da bola de boliche, para que caiam ao mesmo tempo é preciso eliminar a resistência do ar, sendo que isso aconteceria apenas no vácuo.”

O movimento orbital é novamente ponto de dificuldade. Ao contrário da categoria anterior onde os participantes excluíam a gravidade como forma de explicar o movimento da nave espacial e do astronauta, agora os licenciandos fazem referência a ela, porém ainda de forma incipiente, sem revelar uma compreensão adequada sobre o tema.

Carolina – (questão 6): “A nave e o astronauta estão em órbita devido a força gravitacional”.

Celso – (questão 6): “A nave e o astronauta estão em queda livre devido à ação da atração gravitacional”.

Mariana – (questão 6): “A nave ou um satélite, seja artificial ou mesmo um natural como a Lua permanecem em órbita por causa da ação da força da gravidade. O astronauta flutua também devido à atração gravitacional.”

Elaine – (questão 6): “Devido à atração gravitacional que explica os dois movimentos”.

Karina – (questão 6): “Os movimentos tanto da nave quanto do astronauta são devidos à atração gravitacional.”

Renato – (questão 6): “A atração gravitacional mantém a órbita da nave e faz com que o astronauta flutue no seu interior. (...) é também responsável pela queda do pára-quedista”.

CATEGORIA 4:

As respostas agrupadas nesta categoria são as mais elaboradas que encontramos em nossa amostra e, no pós-teste temos dois participantes classificados: Felipe, que manteve suas noções anteriores e Fabiana, que evoluiu a partir da categoria 2.

Os alunos apresentam noções corretas sobre o lançamento de corpos, não fazendo referência à força impressa (questões 1 e 2). Reconhecem que um meio não é necessário para a atuação da força atrativa.

Fabiana – (questão 3): “Não muda nada com a retirada do ar pela bomba se sucção. (...) na Lua o valor de g é bem menor e por isso lá a indicação da balança será menor do que na Terra.”

Felipe – (questão 3): “A indicação da balança permanecerá igual. A retirada do ar não altera a marcação da balança. Com a balança na Lua, o que ocorre é que ela vai registrar a indicação de acordo com o valor da gravidade lunar, menor que a da Terra”.

Sobre a queda dos corpos, os licenciandos reconhecem que os corpos deverão atingir o solo aproximadamente ao mesmo tempo e que apenas em uma situação ideal, ou seja, no vácuo os corpos devem atingir o solo simultaneamente.

Fabiana – (questões 4 e 5): “Todos os corpos em queda sofrem a influência da força de atrito com o ar. Então, sempre que um corpo estiver caindo duas forças estarão agindo sobre ele, a força da gravidade (apontando para o centro da Terra) e a força de atrito com o ar (apontando para o sentido contrário da queda). Assim, dois corpos atingirão o solo praticamente ao mesmo tempo na presença do ar e no caso da bola de boliche e da pena, em uma situação de vácuo chegarão exatamente ao mesmo tempo.”

Felipe – (questões 4 e 5): “Se a resistência do ar é desprezível, dois corpos chegarão juntos ao solo, isso possibilita o fato de que a bola de

boliche e a pena caiam ao mesmo tempo. Se houver ar eles chegarão praticamente ao mesmo tempo.”

A grande diferença nessa categoria em relação à anterior refere-se à explicação do movimento orbital de uma nave espacial. Os licenciandos classificados apresentam uma compreensão mais conceitual do evento como pode ser visto através de sua resposta.

Fabiana – (questão 6): “A Terra atrai a nave para o seu centro, mas neste caso, a velocidade tangencial do objeto não permite que ele caia sobre a Terra. A atração faz com que a nave mude constantemente de direção, que caso não existisse, faria com que a trajetória da nave fosse tangencial. Isso é semelhante a quando prendemos um objeto em um fio e o fazemos girar. Se o fio se rompe, o objeto sai pela tangente. Para o astronauta no interior da nave, é como se ele estivesse em queda livre, sendo constantemente atraído para o centro da Terra, mas impedido de “cair” pela velocidade tangencial. No caso do pára-quedista, não há uma velocidade tangencial suficiente para mantê-lo em órbita, então ele cai.”

Felipe – (questão 6): “Para permanecer em órbita a nave precisa ser lançada com uma certa velocidade, de forma que ela entre em movimento circular, tendo o seu peso como resultante centrípeta. É como se ela estivesse em constante queda livre, sendo atraída para a Terra, só que a velocidade tangencial não a deixa “cair” de verdade. Para o astronauta a sensação é de como se ele estivesse em um elevador em queda livre, parece que ele está flutuando. Já o pára-quedista, cai simplesmente sob a ação da atração gravitacional da Terra”.

O quadro 6.32 evidencia a distribuição dos alunos pesquisados em categorias de respostas no pós-teste, da concepção menos elaborada (categoria 1) para a mais elaborada (categoria 4). As setas representam as mudanças de categorias em relação ao teste inicial. Os demais licenciandos mantiveram suas noções iniciais.

Quadro 6.32: Distribuição dos sujeitos da amostra por categorias de respostas.

ALUNOS	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4
Anna 		X		
Carolina			X	
Celso			X	
Elaine 			X	
Felipe 				X
Felipe				X
Gustavo		X		
Karina 			X	
Mariana			X	
Rebecca 			X	
Rebecca 		X		

Os resultados explicitados no quadro 6.32 demonstram a evolução ocorrida nas noções, já que as concepções dos licenciandos sobre alguns aspectos do conceito de gravidade ao final do processo apresentam melhoras em relação ao teste inicial. Em alguns casos ainda há concepções semelhantes aos evidenciados em pesquisas anteriores sobre o tema como, por exemplo, sobre a queda dos corpos e movimentos celestes.

É interessante notar que, novamente, em nenhum momento houve menção à existência de uma força impressa na direção do movimento de um corpo lançado a fim de mantê-lo (questões 1 e 2).

De modo geral, os alunos ainda têm dificuldade em relacionar eventos terrestres e celestes, explicando o movimento do astronauta e de sua nave (questão 6) como devido ao fato de não haver gravidade no espaço (resposta apresentada por três participantes classificados na categoria 2). Há ainda outros seis licenciandos (categoria 3) que fazem referência vaga à causa dos movimentos, citando a atração gravitacional, sem entretanto, apresentar uma noção conceitual sobre o tema.

A questão da necessidade de um meio físico (questão 3) para a atuação da força atrativa não gera problemas para nenhum dos licenciandos da amostra.

Com relação à queda dos corpos (questões 4 e 5), nenhum dos licenciandos sustenta a visão de que a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso (categoria 1).

Dos onze participantes do estudo, seis apresentaram evoluções em suas noções iniciais: Ana e Roberta (categoria 1 \Rightarrow categoria 2); Elaine e Renato (categoria 2 \Rightarrow categoria 3); Karina (categoria 1 \Rightarrow categoria 3) e Fabiana (categoria 2 \Rightarrow categoria 4). Os demais licenciandos mantiveram as concepções iniciais.

b) Concepções sobre a construção do conhecimento científico – o questionário VOSTS.

A análise das respostas ao questionário VOSTS revela uma mudança em relação às noções iniciais dos licenciandos.

A definição de Ciência (questão 1), avaliada inicialmente por sete alunos como um corpo de conhecimentos (alínea B), sem admitir o caráter social de sua construção passa a ser selecionada por cinco participantes.

Quatro licenciandos (Carolina, Fabiana, Karina e Renato) alteraram suas noções iniciais em favor de uma concepção que relaciona o aspecto social da construção do conhecimento científico (alternativa G). O quadro 6.33 revela as noções dos participantes ao final do processo.

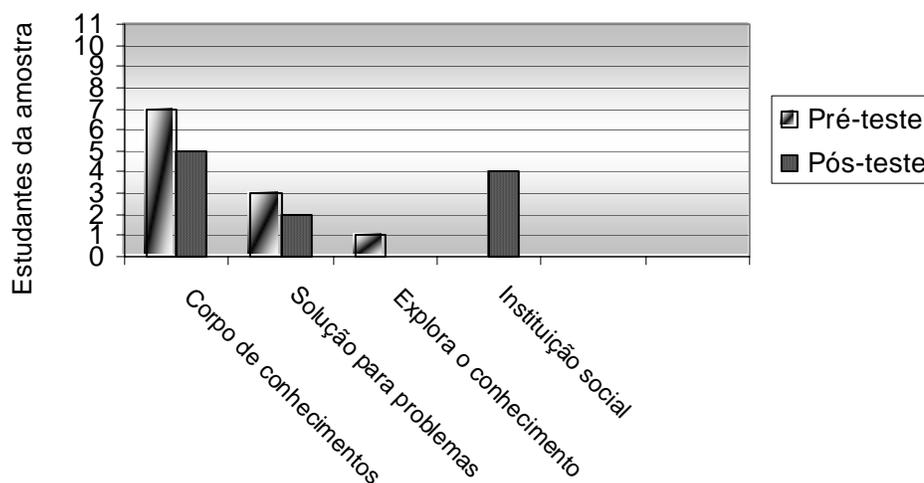
Quadro 6.33: Definição de Ciência.

1. Definir Ciência é difícil porque a Ciência é complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é:	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Um estudo de campos tais como Biologia, Química e Física.											

B.	Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).				X		X	X		X		X
C.	Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.											
D.	Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.											
E.	Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).											
F.	Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um melhor lugar para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).	X		X								
G.	Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.		X			X			X		X	
H.	Ninguém pode definir Ciência.											

No gráfico 6.1 revelamos um comparativo entre as repostas inicial e final dos licenciando da amostra.²⁸

Gráfico 6.1: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre o que é Ciência.



A uniformidade da Ciência é tema da segunda questão. A postura criacionista, inicialmente defendida por cinco alunos (alínea D), passa a ser selecionada por três participantes, enquanto que a impossibilidade de interferência

²⁸ Nos gráficos aparecem apenas as categorias de respostas selecionadas pelos licenciandos.

de um ser supremo sobre o mundo natural passa a ser selecionada por oito licenciandos.

Apenas duas licenciandas (Ana e Roberta) alteraram suas noções iniciais em favor de uma concepção coerente com o modelo científico vigente que a uniformidade é um aspecto central do conhecimento científico (alternativas A e B). Os demais participantes mantiveram suas posições iniciais.

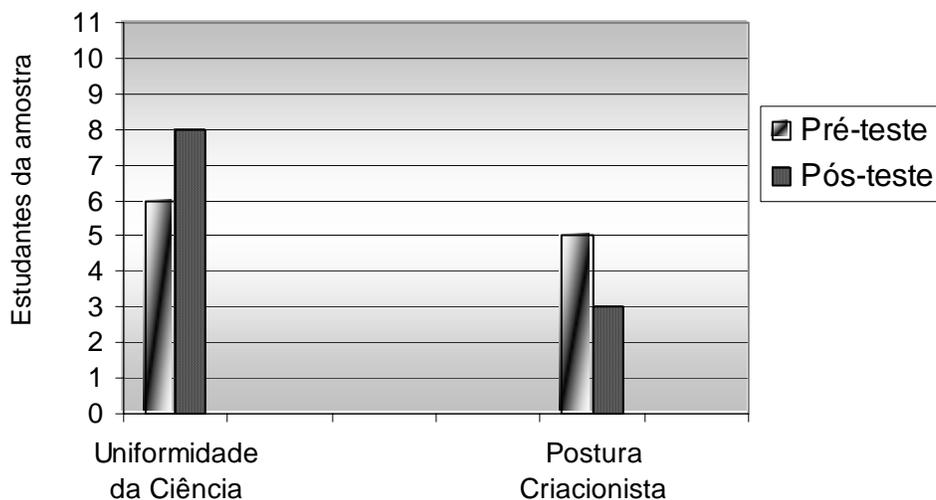
O quadro 6.34 revela as noções dos participantes ao final do processo.

Quadro 6.34: A uniformidade da Ciência.

2. A Ciência apóia-se na suposição de que o mundo natural não pode ser alterado por um ser superior (por exemplo, uma divindade). Os cientistas supõem que um ser superior NÃO alterará o mundo natural:	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Porque o sobrenatural está além da prova científica. Outras opiniões, fora do domínio da Ciência, podem entender que um ser superior pode alterar o mundo natural.	X		X	X		X		X		X	
B. Porque se um ser sobrenatural existisse, os fatos científicos, mudariam numa piscada de olhos. MAS os cientistas repetidamente obtêm resultados consistentes.					X						X
C. Depende. O que os cientistas entendem por ser sobrenatural depende de cada cientistas individualmente.											
D. Qualquer coisa é possível. A Ciência não sabe tudo sobre a natureza. Portanto, a Ciência deve ser aberta à possibilidade de que um ser sobrenatural pode alterar o mundo natural.		X					X		X		
E. A Ciência pode investigar o sobrenatural e possivelmente pode explicá-lo. Portanto, a Ciência pode assumir a existência de seres sobrenaturais.											

No gráfico 6.2 revelamos um comparativo entre as repostas inicial e final dos licenciando da amostra.

Gráfico 6.2: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre a possibilidade da interferência de um ser supremo sobre o mundo natural.



A terceira questão procura identificar se os participantes crêem que o conhecimento científico expressa a realidade do universo (ontologia) ou é uma criação da mente (epistemologia).

A postura epistemológica, inicialmente selecionada por dois estudantes que identificaram o conhecimento como construção humana, (alternativas E e F) passa a ser defendida por seis licenciandos. Fabiana e Karina (que apresentavam uma noção ontológica anterior ao curso), além de Renato e Felipe (que apresentavam uma visão de descobertas casuais) defendem agora uma postura mais coerente com a epistemologia moderna.

A opção ontológica de que o conhecimento científico revela a realidade das coisas que estão postas para serem descobertas (alternativas A, B e C), manteve-se evidenciada por dois licenciandos: Gustavo, que manteve a opção inicial e Celso que abandonou a visão de que descobertas são casuais.

Os demais participantes mantiveram suas posições iniciais de que os cientistas fazem descobertas por acaso (alternativa D). O quadro 6.35 revela as noções dos participantes.

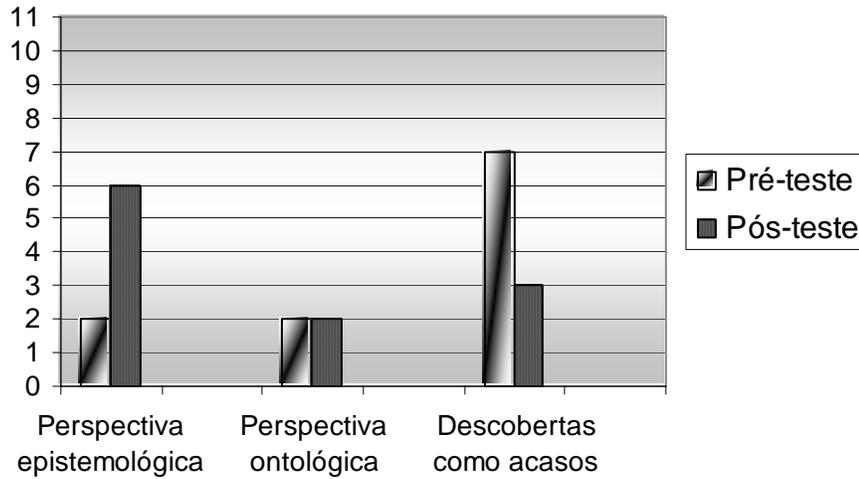
Quadro 6.35: A natureza do conhecimento científico.

3. Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas <i>descobrem</i> as teorias científicas. Outras, que os cientistas <i>inventam</i> as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto?	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
Os cientistas descobrem as teorias científicas:											
A. Porque a idéia já estava lá para ser descoberta.											
B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais.											
C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias.			X				X				
D. Alguns cientistas podem <i>tropeçar</i> numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem.	X								X		X
Os cientistas inventam as teorias científicas:											
E. Porque a teoria é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas descobriram.		X		X	X	X		X		X	
F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos.											

No gráfico 6.3 revelamos um comparativo entre as repostas inicial e final dos licenciando da amostra.

Gráfico 6.3: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre a natureza do conhecimento científico.

Estudantes da amostra



A quarta questão procurava verificar se os estudantes identificavam a influência de valores na produção científica, discutindo a questão das sub-culturas masculina e feminina e seu alcance nas decisões científicas (vide quadro 6.36).

Quadro 6.36: O efeito do gênero nas carreiras científicas.

4. Existem muito mais mulheres cientistas hoje do que se costumava ter antes. Isto fará diferença nas descobertas científicas. As descobertas científicas feitas por mulheres tendem a ser diferentes daquelas feitas por homens. <i>Não há diferença nas descobertas feitas por cientistas masculinos ou femininos.</i>	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Porque qualquer cientista competente, eventualmente fará a mesma descoberta de outro cientista competente.							X				
B. Porque cientistas femininos ou masculinos têm o mesmo treinamento.											X
C. Porque, acima de tudo, mulheres e homens são igualmente inteligentes.											
D. Porque mulheres e homens são iguais em relação ao que querem descobrir, em Ciência.											
E. Porque os objetivos da pesquisa são definidos por demandas ou desejos não apenas dos cientistas, mas de outros.											
F. Porque todos são iguais, independente do que fazem.											
G. Porque quaisquer diferenças em suas descobertas são devidas a diferenças entre indivíduos. Tais diferenças não têm nada a ver ao fato de ser homem ou mulher.	X	X				X			X	X	
H. As mulheres talvez façam descobertas diferentes porque, por natureza ou por educação, mulheres têm diferentes valores, pontos de vista, perspectivas ou características			X	X	X			X			

(tais como sensibilidade por conseqüências).																			
I. Os homens talvez façam descobertas diferentes porque homens são melhores em Ciência do que mulheres.																			
J. As mulheres igualmente podem talvez fazer melhores descobertas que os homens porque são geralmente melhor do que os homens em coisas como instinto e memória.																			

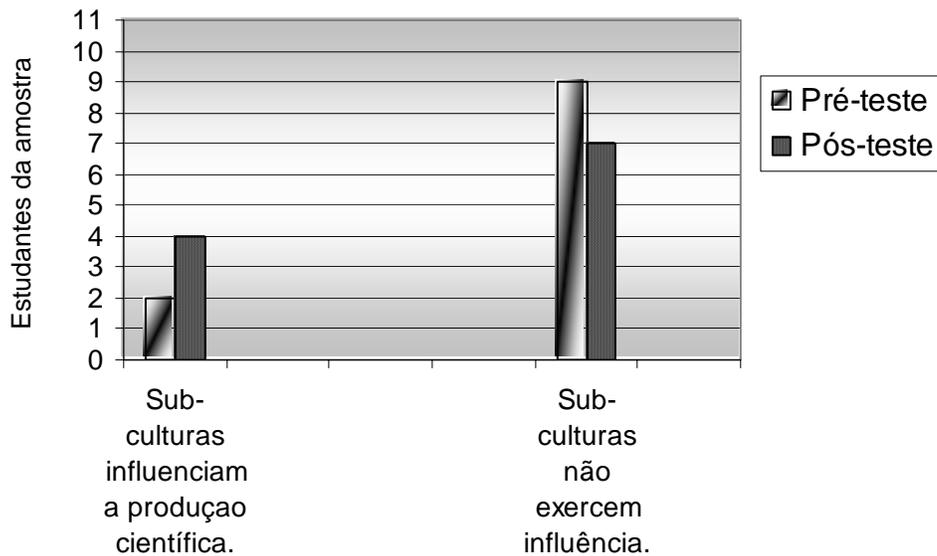
Como citado anteriormente, algumas pesquisas têm demonstrado que os valores contextuais de cada sub-cultura influenciam a construção do conhecimento.

O quadro 6.36 revela que quatro estudantes apresentam a noção de que as sub-culturas podem influenciar as decisões e, portanto, o conhecimento produzido por homens e mulheres (alternativa H). As licenciandas Fabiana e Karina foram as responsáveis pelo aumento de duas para quatro opções a esta assertiva, mais coerente com a epistemologia moderna.

A maioria dos estudantes pesquisados, entretanto, manteve sua posição inicial, ignorando a influência do gênero na produção científica (alternativas A a G).

O gráfico 6.4 revela um comparativo entre as repostas inicial e final dos licenciando da amostra.

Gráfico 6.4: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre o efeito do gênero nas carreiras científicas.



A quinta questão (vide quadro 6.37) procurava investigar se os participantes encaram os modelos científicos como cópias da realidade (concepção ontológica) ou como construções humanas (visão epistemológica).

Quadro 6.37: A natureza dos modelos científicos.

5. Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
Os modelos científicos <u>SÃO</u> cópias da realidade:											
A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros.											
B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros.											X
C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrar-nos a realidade ou nos ensinar algo a respeito dela.											
D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa.			X			X	X		X		

Os modelos científicos <u>NÃO SÃO</u> cópias da realidade:												
E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações.	X	X			X							
F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias.												
G. Porque estes modelos devem ser idéias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode ver a coisa real.				X				X		X		

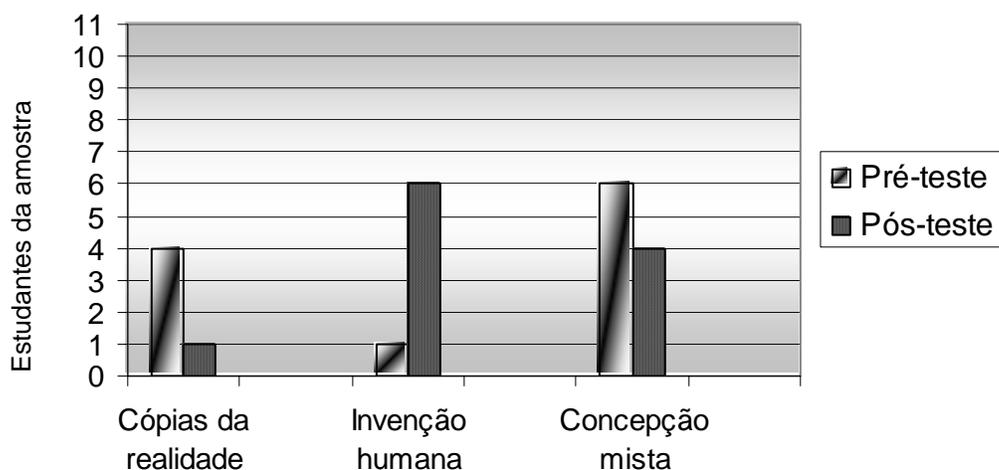
De acordo com o quadro 6.37, podemos perceber que apenas a estudante Roberta manteve uma postura puramente ontológica dos modelos científicos (alternativas A, B e C).

Seis participantes apresentam uma concepção epistemológica, encarando os modelos como construção humana (alternativas E, F e G). Dentre eles, apenas Elaine manteve sua posição inicial, os demais partiram de concepções menos elaboradas.

Outros quatro licenciandos apresentam uma visão intermediária, não compatível com uma visão puramente epistemológica, pois ainda revela indícios de realismo ingênuo (alternativa D). Entre eles Felipe, Gustavo e Mariana mantiveram suas concepções originais, enquanto Celso apresenta uma evolução, já que partiu de uma concepção inicial puramente ontológica.

O gráfico 6.5 apresenta um comparativo entre as repostas inicial e final dos licenciandos da amostra.

Gráfico 6.5: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre a natureza dos modelos científicos.



A sexta questão (vide quadro 6.38) versava sobre a compreensão dos participantes sobre o método científico.

Quadro 6.38: O método científico.

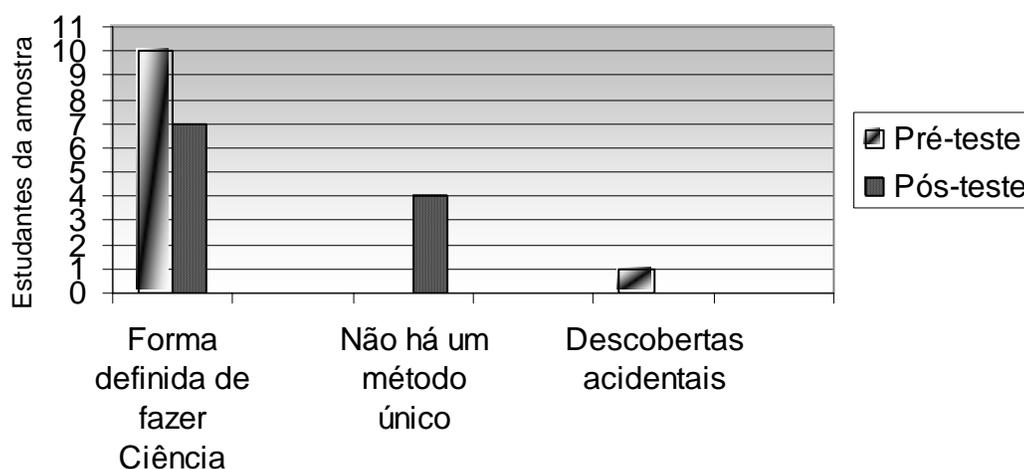
6. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do método científico.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. O método científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do método científico.	X										
B. O modelo científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós aprendemos na escola.											
C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas <i>usarão também</i> originalidade e criatividade.		X	X	X			X		X	X	
D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade).					X	X		X			X
E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico.											

O número de estudantes que acreditava em uma forma definida de fazer ciência através da utilização do método científico (alternativas de A – C) passou de dez para sete dos entrevistados.

Quatro participantes (Fabiana, Felipe, Karina e Roberta) escolheram a alternativa compatível com a visão da epistemologia contemporânea de que não há um método rígido como aquele proposto inicialmente em etapas (alternativa D).

A opção de que muitas descobertas são acasos, também presentes na terceira questão, surge aqui novamente e não foi assinalada por nenhum dos licenciandos (alternativa E). É interessante notar uma certa contradição nas respostas já que na terceira questão cinco licenciandos descreveram a Ciência como descobertas casuais ao final do processo.

Gráfico 6.6: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre o método científico.



A questão do consenso na Ciência é abordada na sétima questão (vide quadro 6.39).

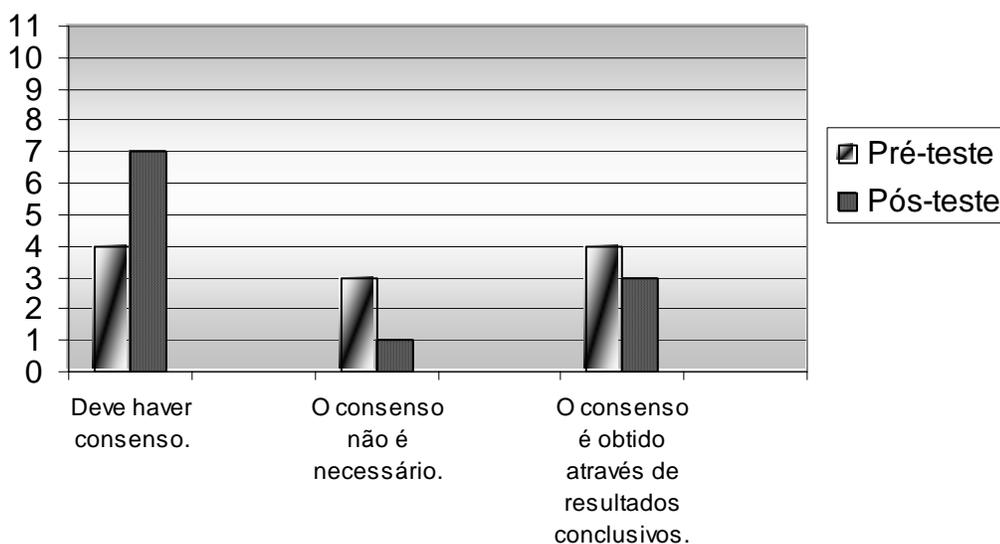
Quadro 6.39: A importância do consenso em Ciência.

7. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
Os cientistas que propõem uma nova teoria DEVEM CONVENCER outros cientistas:											
A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira.		X					X				X
B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria.					X						
C. Porque quando um número de cientistas discute uma teoria e suas novas idéias, os cientistas provavelmente irão revisar ou atualizar a teoria. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas.	X			X		X		X	X	X	
Os cientistas que propõem uma nova teoria NÃO DEVEM CONVENCER outros cientistas:											
D. Porque a evidência provada fala por si mesma.											
E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos, decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria.											
F. Porque um certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.			X								

Como pode ser observado no quadro 6.39, sete alunos acreditam na importância do consenso entre os grupos de cientistas (alternativas B e C). Ana, Fabiana e Karina apresentaram uma evolução nas respostas em relação ao teste inicial, elevando de quatro para sete o número de seleções à estas assertivas. Apenas um licenciando (Celso) rejeita simplesmente a necessidade do consenso, mantendo sua concepção anterior. (alternativas D – F).

Outros três alunos mantiveram a opção original (Carolina, Gustavo e Roberta) acreditando ingenuamente que o consenso é conseguido através da demonstração de resultados conclusivos que mostram que a teoria é verdadeira (alternativa A).

Gráfico 6.7: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre o consenso na Ciência.



Na oitava questão (vide quadro 6.40), os participantes eram convidados a refletir sobre a produção do conhecimento científico.

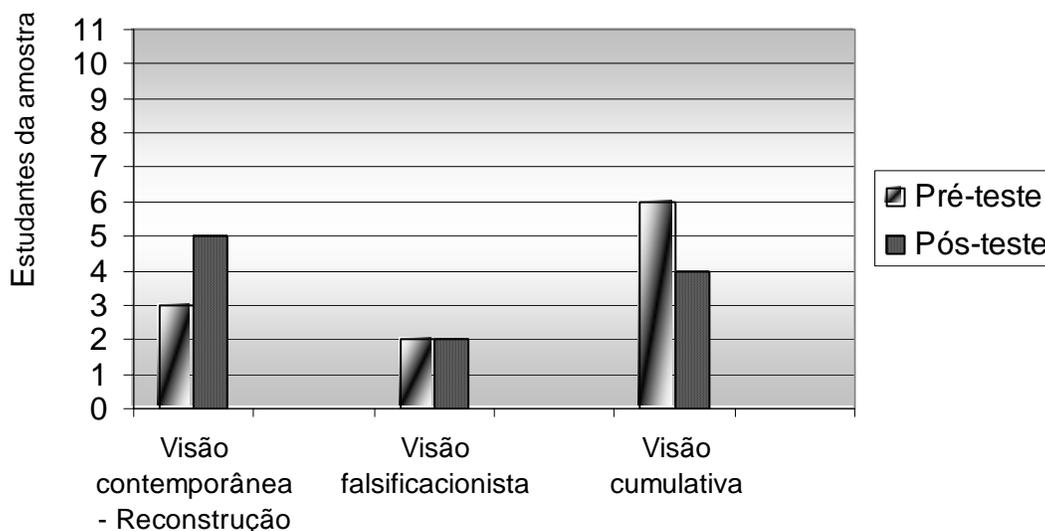
Quadro 6.40: A produção do conhecimento científico.

8. Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações pode mudar no futuro.	Futuros professores										
	Ana	Carolina	Celso	Elaine	Fabiana	Felipe	Gustavo	Karina	Mariana	Renato	Roberta
A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original "correta".									X		X
B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.				X	X	X	X			X	
C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis		X									
D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.	X		X	X							

A visão cumulativa do conhecimento, selecionada inicialmente por seis licenciandos, passa a ser defendida por quatro (alternativas C e D).

Cinco alunos revelam uma visão de Ciência compatível com a visão da epistemologia moderna de que há uma constante reconstrução (alternativa B). Outros dois alunos crêem em uma concepção compatível com o modelo de Popper de que o conhecimento evolui desaprovando o conhecimento do passado (alternativa A).

Gráfico 6.8: Comparativo entre as concepções inicial e final dos estudantes sobre a produção do conhecimento científico.



A análise dos dados apresentados nesse instrumento permitiu uma idéia da evolução de algumas das concepções de nossa amostra de licenciandos sobre a Ciência e a construção do conhecimento científico. Apesar da melhora, ainda persistem entre os participantes algumas noções distorcidas.

Na primeira questão, apenas quatro licenciandos descrevem o aspecto social da construção do conhecimento. A uniformidade é defendida por oito dos

participantes, revelando que para três ainda há a possibilidade de intervenção divina na Ciência (postura criacionista).

O conhecimento científico é encarado ao final do processo como construção humana (visão epistemológica) por cinco licenciandos, enquanto que a influência das sub-culturas na produção científica é admitida por quatro participantes.

Os modelos são interpretados como invenções humanas por seis alunos. Outros sete ainda crêem em uma forma definida de fazer Ciência a partir da utilização do método científico.

A importância do consenso entre grupos de pesquisadores em Ciência é revelada por sete licenciandos, mas apenas cinco concluem o processo com uma imagem contemporânea de Ciência como uma contínua reconstrução.

Apesar das discussões realizadas durante o curso e da melhora nas noções dos licenciandos demonstrada neste estudo, ainda há entre os participantes algumas pré-concepções, dificultando em certos casos o desenvolvimento de noções coerentes e uniformes sobre a Ciência.

Uma breve síntese:

Através dos instrumentos aplicados nessa fase final de nosso trabalho, pudemos delinear alguns aspectos importantes com referência a nossa amostra de licenciandos. Apesar dos debates realizados, algumas das pré-concepções iniciais persistem, apontando na mesma direção relatada por diversos autores da área de ensino de Ciências.

Sobre os conceitos relativos ao tema atração gravitacional pesquisados percebemos a persistência de algumas concepções alternativas, principalmente com relação à dificuldade de se estabelecer uma causa única para os movimentos

terrestres e celestes. Embora haja uma evolução revelada por seis participantes, apenas dois puderam ser classificados na categoria 4, mais elaborada.

As questões do VOSTS revelaram uma melhora em relação às noções iniciais. Entretanto, ainda há relatos distorcidos na visão de Ciência dos participantes.

Sobre a possibilidade de se introduzir novas metodologias de ensino e as noções sobre os processos de ensino e aprendizagem investigados através das propostas de minicursos desenvolvidas e da análise entre o discurso e a prática dos licenciandos em sala de aula, apesar das mudanças evidenciadas, ainda há, em muitos casos um grande apego ao ensino tradicional, transmitido pelo professor e recebido pelo aluno.

As experiências mostraram que dos quatro licenciandos que apresentaram propostas mais engajadas, apenas Fabiana afirma pretender continuar inserindo aspectos debatidos durante o curso em sua atividade docente, sem restrições. Os demais não conseguiram abandonar completamente as ressalvas (conforme quadro 6.30).

No quadro 6.41 sintetizamos as noções finais dos licenciandos, relacionando a evolução das noções sobre a construção do conhecimento científico e sobre o tema atração gravitacional com o tipo de proposta de minicurso desenvolvida:

Quadro 6.41: Concepções ao final do processo e tipo de proposta de minicurso desenvolvida.

Alunos	Concepções alternativas.	VOSTS – categorias de respostas mais elaboradas selecionadas pelos licenciandos em cada questão.								Minicursos
	(categorias inicial e final)	1. Relaciona o aspecto social.	2. Admite a importância da uniformidade do conhecimento.	3. Visão epistemológica do conhecimento científico.	4. Admite a influência das sub-culturas.	5. Modelos científicos como invenções humanas.	6. Não há um método científico rígido.	7. Importância do consenso na Ciência.	8. Visão contemporânea de Ciência como reconstrução.	
Ana	1 → 2		X			X		X		Dissociado
Carolina	3	X		X		X				Dissociado
Celso	3		X		X					Tradicional
Elaine	2 → 3		X	X	X	X	X			Dissociado
Fabiana	2 → 4	X	X	X	X	X	X	X	X	+ Engajado
Felipe	4		X	X	X		X		X	+ Engajado
Gustavo	2								X	Tradicional
Karina	1 → 3	X	X	X	X	X	X	X	X	+ Engajado
Mariana	3							X		Dissociado
Renato	3	X	X	X	X	X		X	X	+ Engajado
Roberta	1 → 2		X				X			Dissociado

De acordo com o quadro 6.41 percebemos que os minicursos que seguiram as orientações de uma proposta mais voltada para a construção de conhecimentos, buscando desenvolver atividades centradas no trabalho do aluno, estão relacionados a um melhor desempenho em termos de evolução das noções iniciais. Além disso, os mesmos licenciandos (Fabiana, Felipe, Karina e Renato) já apresentavam ao final do curso no primeiro semestre letivo, expectativas mais de acordo com as discussões realizadas em sala de aula no sentido de contribuir para a evolução das noções dos alunos (quadro 6.17), o que denota a coerência do trabalho desenvolvido por eles.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Nesta pesquisa buscamos inserir a discussão sobre a inserção da História da Ciência no ensino de Ciências na disciplina de Prática de Ensino de Física, a partir de um curso para a formação de professores tendo como pano de fundo o desenvolvimento histórico do tema atração gravitacional. A proposta procurava evidenciar as dificuldades para a mudança de postura na ação docente, além de propor um modelo de formação que favorecesse a adoção de metodologias de ensino mais voltadas para a construção de conhecimentos.

Iniciamos nosso trabalho revelando as pré-concepções dos licenciandos sobre o tema atração gravitacional (anexo 2), sobre a construção do conhecimento científico (anexo 1) e sobre os processos de ensino e aprendizagem (anexo 3), além de avaliar as opiniões dos participantes sobre a possibilidade de se inserir a História da Ciência no ensino (entrevista de grupo focal).

Os instrumentos utilizados revelaram indicadores que confirmaram os resultados de pesquisas na área de Ensino de Ciências, evidenciando a existência de concepções alternativas sobre os conceitos físicos, além das noções de senso comum que os docentes possuem sobre a Ciência e sobre os processos de ensino e aprendizagem e sua influência sobre a prática docente (Gil Perez, 1991; Hasweh, 1996; Mellado, 1996; Hewson et. al., 1999 a e b; Levy e Sanmartí, 2001, entre outros).

Assim, os problemas com relação ao conceito de atração gravitacional foram analisados a partir de quatro dificuldades conceituais mais frequentes nos estudos anteriores, tendo sido apontadas como padrões de noções mais comuns (Teodoro, 2000): 1) força impressa no lançamento de corpos, 2) necessidade de um meio para a atuação da força atrativa, 3) queda dos corpos e 4) o movimento orbital.

Das noções pesquisadas, apenas a que se referia a necessidade de uma força na direção do movimento a fim de mantê-lo não foi evidenciada por nenhum dos licenciandos. Entretanto, as demais foram citadas nos questionários

dos alunos, de maneira que, no teste inicial apenas um aluno (Felipe) foi classificado na categoria mais elaborada de respostas.

A análise do questionário VOSTS evidenciou uma grande distorção na concepção dos participantes, revelando, por exemplo, a crença em uma imagem da Ciência centrada no conteúdo, desvinculada do aspecto social de sua construção, desenvolvendo-se de forma cumulativa muitas vezes graças a descobertas casuais.

Sobre as concepções a respeito dos processos de ensino e aprendizagem, os licenciandos demonstraram grande apego ao modelo tradicional, baseado na transmissão e recepção passiva de conhecimentos.

Apesar do reconhecimento da importância da inserção da História da Ciência no ensino, durante a entrevista de grupo focal os licenciandos revelaram uma série de obstáculos à sua utilização em sala de aula, tais como, por exemplo, a falta de interesse e de conhecimentos prévios dos alunos, além de baixos salários e péssimas condições de trabalho para os professores.

Este levantamento inicial forneceu um panorama que pôde ser usado para o planejamento do trabalho com os futuros docentes na disciplina de Prática de Ensino, orientando as atividades a partir da realidade diagnosticada.

Procuramos seguir as sugestões dos autores da área de Ensino de Ciências (capítulos 3 e 5), partindo das pré-concepções dos licenciandos sobre os temas pesquisados, não com o objetivo de obter mudanças radicais, mas evoluções nas formas de pensar dos futuros docentes.

Nosso objetivo era promover discussões sobre a existência e persistência das concepções alternativas, sobre a evolução histórica do tema atração gravitacional, além de leituras e debates de textos contemplando discussões recentes sobre o ensino de Ciências, de modo a gerar insatisfações com o modelo tradicional de ensino. Além disso, pretendíamos permitir que o indivíduo construísse uma nova proposta através do desenvolvimento em situações reais no Ensino Médio, de um minicurso a partir das discussões

realizadas em sala de aula e da utilização da História da Ciência e das concepções alternativas dos estudantes.

Entretanto, desde o início do trabalho os licenciandos demonstraram resistência à proposta que procurávamos discutir. Tal comportamento já era de certa forma esperado por nós, uma vez que as pesquisas recentes sobre a formação de professores têm afirmado que a existência de noções como, por exemplo, de que ensinar é uma atividade simples e trivial e requer apenas um bom conhecimento do conteúdo a ser estudado, além da visão distorcida da construção do conhecimento científico representam sérias dificuldades a serem consideradas nos cursos de formação já que dificultam a aceitação de metodologias inovadoras (Gil Perez, 1991; Trivelatto, 1995; Hewson, et. al., 1999; Longuini e Nardi, 2000).

Além das pré-concepções, a dissociação entre as experiências de ensino vivenciadas ao longo da formação científica e as propostas inovadoras apresentadas nas disciplinas pedagógicas dos cursos de graduação tem sido apontada como fonte de fortes resistências à mudança de postura dos futuros docentes (Hewson et. al., 1999 – b). Assim, os licenciandos tendem a ensinar mais como aprenderam na escola e na universidade do que aplicando as novas idéias (Levy e Sanmarti, 2001).

Nesse sentido, a longa vivência dos licenciandos nos cursos de formação, baseados na mera transmissão e recepção passiva de conteúdos contribuiu para limitar o desenvolvimento de uma prática de ensino inovadora durante o desenvolvimento de nossa proposta. Em muitos momentos da pesquisa, a necessidade da construção de uma metodologia inovadora que pudesse substituir o modelo tradicional foi questionada e encarada com ressalvas pelos alunos.

Mesmo discutindo e confrontando as idéias sobre os processos de ensino e aprendizagem de Ciências, buscando evidenciar que a mera transmissão de conhecimentos não propiciava a evolução nas pré-concepções dos indivíduos,

nosso trabalho contrariava as experiências didáticas dos estudantes e eles relutavam em aceitar novos conceitos.

Assim, a experiência desenvolvida dentro da disciplina de Prática de Ensino foi muito pontual dentro de um histórico de vivências tradicionais ao longo de toda a formação dos participantes.

Apesar de considerarem a importância das discussões e do desenvolvimento histórico que estudávamos, muitos licenciandos ainda esboçavam durante os debates a noção de que seria muito difícil seguir a carreira docente com um novo enfoque, não tradicional já que não se sentiam preparados para isso e afirmavam sentirem-se injustiçados por não terem tido a oportunidade de discutir esses temas durante toda a formação universitária.

Tal questionamento suscita o problema da separação entre as formações científica e pedagógica, desenvolvidas nos cursos de licenciatura de forma completamente desvinculada (Bermudez et. al., 1994 apud Gil Perez, 1996; Cudmani e Pesa, 1997 apud Barros Filho, 2002).

Desenvolvemos o trabalho com os licenciandos de modo a questioná-los, evidenciando os resultados de pesquisas na área de ensino de Ciências como forma de subsidiar o desenvolvimento da nova postura que pretendíamos construir.

O fato dos alunos pesquisados serem vitoriosos formandos em um curso de graduação em Física e mesmo assim manterem certas concepções alternativas após anos de ensino formal foi explorado durante as discussões, procurando confrontar a idéia de que o ensino baseado na exposição de conceitos e do treinamento da resolução de problemas a partir de fórmulas permite a aprendizagem.

É interessante ressaltar que durante as leituras e debates realizados no curso os licenciandos de forma geral, concordaram com as orientações das pesquisas, da necessidade de se partir sempre do que o aluno já sabe, da importância de se inserir a História da Ciência no ensino, entretanto, ao desenvolverem os projetos de minicursos ao final do primeiro semestre letivo,

apresentaram propostas incompletas, incipientes e estritamente tradicionais. Era simplesmente uma forma de cumprir a tarefa pela qual seriam avaliados, já que ao final do período preferiram dedicar mais tempo às demais disciplinas.

Este comportamento, aliado às sugestões dos próprios licenciandos nos levou a permitir que no início do segundo semestre letivo os futuros docentes tivessem a oportunidade de refazer e aprofundar os planejamentos, além de apresentá-los para os demais licenciandos antes da experiência didática nas escolas de nível médio.

Neste processo de reelaboração dos minicursos, atuamos como orientadores, buscando interferir o mínimo possível, a fim de evidenciar as opções didáticas dos licenciandos.

Durante a realização da segunda entrevista de grupo focal ao final do primeiro semestre (quadro 6.17), as expectativas dos alunos com relação ao desenvolvimento do trabalho em sala de aula variava entre: 1) a crença na possibilidade de eliminar as concepções alternativas dos alunos (Ana, Carolina, Celso, Elaine, Gustavo, Mariana e Roberta) e 2) a proposta de uma reflexão sobre o tema, sugerindo a possibilidade de haver evoluções nas formas de pensar dos alunos (Fabiana, Felipe, Karina e Renato).

A análise da relação entre os minicursos propostos e seu desenvolvimento em situações reais de ensino revelou a existência de três categorias (conforme quadro 6.30):

- 1) Propostas mais engajadas – licenciandos procuraram inserir inovações conforme debatidas em sala de aula.
- 2) Propostas dissociadas da prática - planejamentos contendo algumas inovações e prática essencialmente tradicional.
- 3) Propostas tradicionais - proposta e prática coerentes com a lógica tradicional.

Apenas quatro minicursos foram desenvolvidos mais de acordo com as discussões realizadas durante o curso na disciplina de Prática de Ensino de Física (categoria 1).

Fabiana, Felipe, Karina e Renato procuraram usar as pré-concepções dos estudantes, inserir a História da Ciência como forma de despertar o interesse pelo assunto estudado, além de demonstrar o caráter evolutivo das idéias científicas e revelar que estudiosos do passado defenderam noções semelhantes às concepções alternativas dos alunos. Promoveram ainda trabalhos e discussões em pequenos grupos.

Em outras cinco propostas observa-se a total dissociação entre teoria e prática (categoria 2). Ana, Carolina, Elaine, Mariana e Roberta realizaram minicursos baseados apenas na transmissão e recepção passiva de conhecimentos, apesar dos planos de aula refletirem algumas das discussões realizadas em sala de aula, como a explicitação das concepções alternativas dos alunos, a inserção da História da Ciência além da realização de atividades em grupos e debates, as aulas desenvolvidas em situações reais não têm nenhuma relação com o planejamento apresentado.

Dois planejamentos foram idealizados e desenvolvidos a partir da lógica tradicional (categoria 3). Celso e Gustavo aplicaram minicursos coerentes com suas crenças no ensino baseado na recepção passiva de conhecimentos.

É importante salientar que os futuros docentes que possuíam uma visão mais próxima da que foi discutida durante o processo (Fabiana, Felipe, Karina e Renato, conforme o quadro 6.17) no sentido de que a proposta de minicurso deveria contribuir para propor uma reflexão sobre o tema estudado, buscando evoluções nas noções dos alunos, foram os que desenvolveram minicursos mais engajados e tiveram os melhores resultados em termos de evolução das concepções inicialmente apresentadas (quadro 6.41).

Apesar das propostas mais centradas no aluno, ainda persistiram resistências mesmo entre os indivíduos que procuraram desenvolver minicursos mais de acordo com as reflexões realizadas, como por exemplo: a falta de tempo para o professor preparar as aulas, falta de preparo durante a formação o que dificultaria o abandono da concepção tradicional; desinteresse dos alunos, limitações impostas pelo “entorno escolar”, entre outras.

Os resultados sugerem uma relação entre a melhora das concepções iniciais e o desenvolvimento de propostas mais voltadas para a construção de conhecimentos. Entretanto, isto não nos permite sustentar a existência de uma relação linear entre a evolução das concepções dos futuros docentes sobre a natureza da Ciência e seu comportamento em sala de aula, já que mesmo os licenciandos com bons resultados no questionário VOSTS aplicado ao final da proposta não conseguiram desenvolver um trabalho totalmente desvinculado do ensino tradicional, e relataram ainda uma incerteza com relação à possibilidade de seguirem a atividade docente com uma postura inovadora frente aos processos de ensino e aprendizagem.

Outros fatores estão envolvidos na dificuldade de aceitação de metodologias inovadoras, tais como as concepções não construtivistas dos licenciandos, o conhecimento ainda em muitos casos, estático e fragmentado sobre o conteúdo, as condições de trabalho experimentadas durante as atividades de estágio, além da dissociação entre as experiências vivenciadas ao longo da formação e as propostas inovadoras desenvolvidas durante o curso.

Sintetizando alguns aspectos revelados na pesquisa, podemos afirmar que:

- Nem todos foram capazes de utilizar as concepções dos alunos.
- Na maioria dos casos a História foi inserida de forma ilustrativa, sem contribuir para o questionamento e a construção de significados para os conceitos.
- Apesar da melhora nas noções sobre o conceito de gravitação e sobre aspectos da construção do conhecimento científico, a maior parte dos licenciandos pesquisados mantém o modelo tradicional de ensino.
- Apenas uma licencianda (Fabiana) revela a intenção de seguir inserindo inovações discutidas durante o curso em sua atividade docente, sem restrições.

O trabalho desenvolvido, entretanto, gerou resultados em termos de evolução nas noções dos futuros docentes.

Com relação a construção do conhecimento científico, as respostas apresentadas ao final do processo ao questionário VOSTS evidenciam uma melhora em relação ao teste inicial.

Sobre o conceito de atração gravitacional, cinco licenciandos (Carolina, Celso, Gustavo, Felipe e Mariana) mantiveram suas concepções iniciais. Outros seis participantes do estudo apresentaram evoluções em suas noções: Ana e Roberta (da categoria 1 para a categoria 2); Elaine e Renato (da categoria 2 para a categoria 3); Karina (da categoria 1 para a categoria 3) e Fabiana (da categoria 2 para a categoria 4).

A metodologia sugerida no estudo mostrou ser útil para o questionamento da temática da formação inicial de professores.

O fato dos alunos terem tido a oportunidade de desenvolver e aplicar um minicurso em situações de sala de aula nos permitiu analisar as influências das discussões realizadas na ação dos futuros docentes, além da comparação entre o discurso emitido durante as atividades na disciplina de Prática de Ensino e as ações realizadas em sala de aula no Ensino Médio.

Os mini-seminários finais para a discussão dos resultados permitiram um intercâmbio entre as experiências dos licenciandos, estabelecendo um diálogo aberto, onde os indivíduos puderam revelar as dificuldades encontradas na realização da experiência.

Apesar de considerarmos que as atividades selecionadas foram adequadas e bem desenvolvidas, isso não garantiu grandes mudanças na ação docente de todos os participantes. Ainda que os futuros docentes tenham apontado a importância dos elementos debatidos durante o curso para o ensino de Ciências, não temos elementos que indiquem quais serão as repercussões da experiência desenvolvida para a carreira docente.

A formação de professores comprometidos com a construção do conhecimento científico representa ainda um grande desafio.

Nesse sentido, em relação aos cursos de formação inicial de professores, cabe ressaltar algumas recomendações que derivam desta pesquisa e consideramos importantes.

Um aspecto diz respeito à necessidade de uma reestruturação dos cursos de graduação de forma a eliminar a dissociação entre as formações científica e pedagógica, que acabam transformando os cursos de licenciatura em algo parecido com bacharelados seguidos de uma complementação pedagógica ao final da formação.

Esta questão já vem sendo debatida através do Fórum de Pró-Reitores de Graduação das Universidades Brasileiras (ForGrad), que tem apontado metas e parâmetros para a formação de professores, evidenciando como um dos procedimentos necessários para este fim a

“Reorganização dos currículos dos cursos de formação de professores, superando a atual forma de organização curricular e a fragmentação entre as licenciaturas. (ForGrad, 2002, p.6)

Além disso, é imprescindível o engajamento dos docentes em processos de formação continuada. Adams e Krockover (1997) relatam que as noções sobre os processos de ensino e aprendizagem estão tão fortemente arraigadas que podem levar anos para serem modificadas. Desta forma, a formação inicial deve preparar os indivíduos para uma atividade profissional que deve se desenvolver durante toda a vida do docente. Sem oportunidades de continuar desenvolvendo e questionando sua prática, os futuros docentes tendem a regredir.

Outro ponto evidenciado nesta pesquisa é a importância de uma maior vivência dos licenciandos em atividades de ensino durante todo o processo de formação, evitando que a discussão sobre a inserção de atividades inovadoras acabe restrita a experiências pontuais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABIB, M. L. V. S. (1995). O construtivismo na formação do professor de Física: uma investigação sobre a mudança conceitual na Prática de Ensino. In.: 3^a Escola de Verão para professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia. **Coletânea**. São Paulo, p. 131 – 147.

ABIB, M. L. V. S. (1996). Em busca de uma nova formação de professores. **Revista Ciência & Educação**. Bauru, p.40-72.

ADAMS, P. E. & TILLOTSON, J. W. (1995). Why research in the service of science teacher education is needed. **Journal of Research in Science teaching**. v.32, n. 5, p. 441-443.

ADAMS, P. E.; KROCKOVER, G. H. (1997). 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.633-653.

AIKENHEAD, G. S., RYAN, A. G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. **Science Education**, v76, n. 6, p. 559-580.

ALMEIDA, M. J. P. M. (2000). Expectativas sobre o desempenho do professor de Física e possíveis conseqüências em suas representações. **Ciência & Educação**, v.6, n.1, p.21-29.

ARMELLA, L. E. M., WALDEGG, G. (1998). La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: Coincidencia o complementariedad? **Enseñanza de las Ciencias**. 16(3): 421-429.

AZNAR, M. M. M.; POZO, R. M.; VEGA, M. R.; VARELA NIETO, M. P.; LOZANO, M. P. F.; SERÓN, A. G. (2001). Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de Ciencias de secundaria?. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 19, n. 1, p.67-87.

BAR et. al. (1994). Children's Concepts about weight and free fall. **Science Education**, v.78, n.2, p 149 – 169.

BARDIN, L. (1994). **Análise de Conteúdo**. Lisboa. Edições 70, 225 p.

BARROS FILHO, J. (2002). **Avaliação da aprendizagem e formação de professores de física para o ensino de nível médio**. Tese de Doutorado. Campinas. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp.

BASTOS, F. (1998-a). História da Ciência e pesquisa em ensino de Ciências: breves considerações. Construtivismo e Ensino de Ciências. In.: NARDI, R. (org.) **Questões atuais no ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, p. 43 – 52.

BASTOS, F. (1998-b). O ensino de conteúdos de História e Filosofia da Ciência. **Ciência e Educação**, v. 5, n. 1, p. 55-72.

- BAXTER, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. **International Journal of Science Education**, v.11, p. 502 - 513.
- BERG, T., BROWER, W. (1991). Teacher awareness of student alternative conceptions about rotational motion and gravity. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, n.1, p. 3 - 18.
- BERNAL, J. D. (1965). **Science in History**. Penguin Books, London, v1.
- BERNAL, J. D. (1969). **Science in History**. Penguin Books, London, v2.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. (1994). **Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora.
- BRASLAVSKY, C. (1999). Bases, orientaciones y criterios para el diseño de programas de formación de profesores **Revista Iberoamericana de Educación**, v.1, n.19, p. 13-50.
- CAJORI, F. (1990). Apêndice histórico e explicativo. In.: Newton, I. **Principia: princípios matemáticos de filosofia natural**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 292 p.
- CARMICHAEL, P.; DRIVER, R.; HOLDING, B.; PHILLIPS, I.; TWIGGER, D.; WATTS, M. (Eds.) (1990). **Research on students' conceptions on science: a bibliography**. Leeds, UK: Children's learning in science Research Group, University of Leeds.
- CARRASCOSA, J. (1996). Análise da formação continuada e permanente dos professores de Ciências Ibero-Americanos. In. MENEZES, L. C. (ORG.) **Formação continuada de professores de Ciências no âmbito ibero-americano**. Campinas: Autores Associados. Coleção Formação de Professores, pp. 7- 44.
- CARVALHO, A. M. P. e GIL PEREZ, D. (1993). **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez – Coleção questões da nossa época, v. 26, 120 p.
- CASTRO, R. S. E CARVALHO, A. M. P. (1992). História da Ciência: como usá-la num curso de segundo grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n.3, p. 225 – 237.
- CASTRO, R. S. E CARVALHO, A. M. P. (1995). The historic approach in teaching: analysis of an experience. **Science Education**, n.4, p. 65-85.
- CHALMERS, A. F. (1993). **O que é ciência afinal**. Brasiliense. São Paulo, 225 p.
- CHI, M.T.H. (1991). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In.: R. Giere (Ed.) **Cognitive models of Science: Minnesota Studies in the philosophy of Science**. Minnesota: University of Minnesota Press.

- COCHRAN, K. F., JONES, L. L. (1998). The subject matter knowledge of preservice science teachers. **International Handbook of Science Education**. pp. 707-718.
- COHEN, I. B. (1967). **O nascimento de uma nova física**. São Paulo: Edart, 203 p.
- COHEN, L. & MANION, L. (1994). **Research Methods in Education**. Fourth Edition. London: Routledge.
- COLL, C. ET. al. (1998). **Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes**. Porto Alegre. Artes Médicas, 182 p.
- COVOLAN, S. C. T. (2004). **O conceito de entropia num curso destinado ao Ensino Médio a partir de concepções prévias dos estudantes e da História da Ciência**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Campinas. Campinas, SP, 112 p.
- CUNHA, A. M. O. (1999). A mudança conceitual de professores num contexto de educação continuada. Tese de doutorado. 479p.
- CUNHA, M. I. (1989). **O bom professor e sua prática**. Campinas. Papyrus. Coleção Magistério: formação e trabalho pedagógico, 182 p.
- DIAZ, J. A. A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria em formación inicial. **Bordón**. v.52, n. 1, pp. 5-16.
- DINIZ, R. E. S. (1998). Concepções e práticas pedagógicas do professor de Ciências. In.: NARDI, R. (org.) **Questões atuais no ensino de Ciências**. São Paulo, Escrituras, pp.27 –32.
- DRIVER, R. (1989). Student's conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, v. 11, special issue, p.481 - 490.
- DRIVER, R.; ERICKSON, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. **Studies in Science Education**, 10, pp. 37-60.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. (1985). **Children's ideas in science**. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- DUARTE, M. C. M. M. ; FARIA, M. A. I. T. (1997). **Didática das Ciências da natureza**. Lisboa.
- DUSCHL, R. A. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.13, n.1, p. 3- 14.

DUSCHL, R. A. e GITOMER, D. H. (1991). Epistemological Perspectives on conceptual change: implications for educational practice. **Journal of Research in Science Teaching**. v.28, n.9, p. 839 – 858.

EISENHART, M.; BORKO, H.; UNDERHILL, R.; BROWN, C.; JONES, D.; AGARD, P. (1993). Conceptual knowledge falls through the cracks complexities of learning to teach Mathematics for understanding. **Science Education**, v. 24, n. 1, pp. 1-40.

ENDERSTEIN, L. G. E SPARGO, P. E. (1996) Beliefs regarding force and motion: a longitudinal and cross-cultural study of South African school pupils. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 4, p. 479 – 492.

FISHBANE, P. M.; GASIOROWICS, S. E THORNTON, S. T. (1996). **Physics for Scientists and Engineers**. 2nd. Edition , Prentice Hall, New Jersey, 1280p.

ForGRAD - FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE GRADUAÇÃO DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS (2002). **DIRETRIZES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES: CONCEPÇÕES E IMPLEMENTAÇÃO**. Disponível em: <http://www.prograd.ufu.br/forgrad2004/index_.html>. Acesso em: 26/11/2004.

FURIÓ MAS, C. J. (1994). Tendências actuales en la formación del profesorado de Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n.2, p. 188-199.

FUSINATO, P. A. et. al. (2000). A interdisciplinaridade entre a Biologia e a Física. V Escola de Verão para professores de Física, Química e Biologia e áreas afins. **Atas**, p. 67-72.

GAGLIARDI, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciências en la enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.6, n.3, p. 291 – 296.

GAGLIARDI, R. E GIORDAN, A. (1986). La história de las Ciencias : una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.4, n.3, p. 253 – 258.

GARRIDO, E. & CARVALHO, A. M. P. (1995). Discurso em sala de aula: uma mudança epistemológica e didática. In.: **Coletânea 3^a Escola de Verão**. São Paulo, FEUSP.

GIL PEREZ, D. (1991). Que hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias? **Enseñanza de las Ciencias**. v. 9, n. 1, pp. 69-77.

GIL PEREZ, D. (1993). 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.

GIL PEREZ, D. (1996). Orientações didáticas para a formação continuada de professores de Ciências. In. MENEZES, L. C. (ORG.) **Formação continuada de professores de Ciências no âmbito ibero-americano**. Campinas: Autores Associados. Coleção Formação de Professores, pp. 71 –81.

GIL PEREZ, D.; FURIÓ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; TORREGROSA, J. M.; GUIAROLA, J.; GONZÁLES, E.; CARRÉ, A. D.; GOFFARD, M.; CARVALHO, A.

M. P. (1999). Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 311-320.

GIOVINAZZO, R. A. (2001). Focus group em pesquisa qualitativa – fundamentos e reflexões. Revista Administração on line [On Line]. Fecap. Volume 2, número 4, out, nov, dez, 2001. Disponível em http://www.fecap.br/adm_online/ Acesso em 07/12/2001.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. (1997), Física e realidade. v. 1. São Paulo: Scipione.

GRANT, E. (1983). **La Ciencia física en la Edad Media**. Fondo de Cultura Económica, México. 241 p.

GUNSTONE, R. F., WHITE, R. T. (1981). Understanding of Gravity. **Science Education**. v.6, n. 5, p. 291 - 299.

GUNSTONE, R. (1991). Constructivism and metacognition: theoretical issues and classroom studies. In: Duit, R. (Ed.). **Proceedings of an international workshop held at the University Bremen**. Bremen: March 4 – 8. Kiel: Inst. Für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Univ. , p. 129 – 140.

GUNSTONE, R. F., NORTHFIELD, J. (1992). **Conceptual change in teacher education: the centrality of metacognition**. Paper given at the meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.

HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. (1985). Common sense concepts about motion. **Am. J. Phys.** v. 53, n.11, p. 1056 –1065.

HASWEH, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n.1, p. 47-63.

HEWSON, P. & HEWSON, M. (1992). The status of student conceptions. In: R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds). **Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies**, Kiel, Germany: Institute of Science Education, p. 59 – 73.

HEWSON, P. W., TABACHINICK, B. R., ZEICHNER, K. M., BLOMKER, K. B., MEYER, H., LEMBERGER, J., MARION, R., PARK, H., TOOLIN, R. (1999-a). Educating prospective teachers of Biology: introduction and research methods. **Science Education**, v.83, p. 247-273.

HEWSON, P. W., TABACHINICK, B. R., ZEICHNER, K. M., LEMBERGER, J. (1999-b). Educating prospective teachers of Biology: findings, limitations and recommendations. **Science Education**, 83, p. 373-384.

HITCHCOCK, G.; HUGHES, D. (1995). **Research and the teacher- a qualitative introduction to school-based research**. Routledge – London. 2nd Edition.

KOESTLER, A. (1989). **O homem e o universo**. 2^a ed. Ibrasa. São Paulo. 426 p.

- KOYRÉ, A. (1973). **The astronomical revolution: Copernico – Kepler – Borelli**. Cornell University Press, Ithaca, New York, 531 p.
- KOYRÉ, A. (1979). **Do mundo fechado ao universo infinito**. Gradiva. 269 p.
- KOYRÉ, A. (1991). **Estudos de história do pensamento científico**. 2^a ed. Forense Universitária. Rio de Janeiro, 388 p.
- KRASILCHICK, M. (1987). **O professor e o currículo de Ciências**. São Paulo: EDUSP. Temas básicos de Educação.
- KRASILCHICK, M. (1996). Formação de professores e ensino de Ciências: Tendências dos anos 90. In: MENEZES, L. C. (ORG.) **Formação continuada de professores de Ciências no âmbito ibero-americano**. Campinas: Autores Associados. Coleção Formação de Professores, pp. 135-140.
- KUHN, T. S. (1975). **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo, Ed. Perspectiva, 262 p.
- LAKATOS, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In.: I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), **Criticism and the growth of knowledge**. Cambridge: Cambridge University Press.
- LEVITT, K. (2001) An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of Science. **Science Education**, v. 86, pp. 1-22.
- LEVY, M. I. C.; SANMARTÍ PUIG, N. (2001). Fundamentos de um modelo de formación permanente del profesorado de Ciencias centrado em la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. **Enseñanza de las Ciencias**, v.19, n.2, p. 269-283.
- LODGE, O. (1960). **Pioneers of Science**. New York: Dover Publications. 404 p.
- LONGUINI, M. D. & NARDI, R. (2000). Construção de uma seqüência de atividades de ensino sobre o conceito de pressão atmosférica numa abordagem construtivista: a busca de uma mudança de postura do futuro professor de física. **In.: Coletânea da Terceira Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia**, p. 124-127.
- LUDKE, M. & ANDRÉ, M. E. D. A. (1986). **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 99 p.
- MARION, R., HEWSON, P. W., TABACHINICK, B., BLOMKER, K. B. (1999). Teaching for conceptual change in elementary and secondary science methods courses. **Science Education**, v. 83, p.275-307.
- MARTINS, R. A. (1994). Galileu e a rotação da Terra. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11, n. 3, p. 196 – 211.
- MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofia e enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. **Revista de Las Ciencias**, v.12, n.2, p. 255-271.

- MAURY, J. P. (1997). **Newton e a mecânica celeste**. Civilização/ Círculo de leitores. 144 p.
- MCCLOSKEY, M. ET AT. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: naive beliefs about the motion of objects. **Science**, v. 210, n. 5, p.1139 – 1141.
- McDERMOTT, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. **Physics Today**, 37, p. 2-10.
- MELLADO, V. (1996). Concepções y prácticas de aula de profesores de Ciencias, en las formación inicial de primaria y secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.3, p. 289-302.
- MENEZES, L. C. (1980). Novo (?) método (?) para ensinar (?) Física (?). **Revista de Ensino de Física**, v.2, n.2, p. 89 - 97.
- MIGUEL, A. (1997). As potencialidades pedagógicas da História da Matemática em questão: argumentos reforçadores e questionadores. **Zetetiké**. V.5, n. 8, p.73-105.
- MONK, M. & OSBORNE, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the curriculum: a model for development of Pedagogy. **Science Education**. v.81, n. 4, p.405 – 424.
- MORTIMER, E. F. (1995). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? In: Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia, **Coletânea ...**, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Serra Negra, São Paulo, p. 56-74.
- NARDI, R. (1989). **Um Estudo Psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo** - Subsídios para a construção do ensino desse conceito. Tese de doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 292 p.
- NEWTON, I. (1990). **Principia: princípios matemáticos de filosofia natural**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 292 p.
- NEWTON, I. (1996). **Óptica**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 293 p.
- NUSSBAUM, J. (1979). Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A cross Age Study. **Science Education**. v. 63, n.1, p. 83 – 93.
- NUSSBAUM, J. ; NOVAK, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews. **Science Education**, v. 60, n.4, p. 535 – 550.
- NUSSENZVEIG, H. M. (1997). **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, v.1, 338p.

OSBORNE, R e COLLINS, S. (2001). Pupils' views of the role and the value of the science curriculum: a focus group study. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 5, p. 441-467.

OSBORNE, R. e FREYBERG, P. (1985). **Learning in Science: the implications of children's science**, Portsmouth, NH: Heinemann.

PAJARES, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. **Review of Educational Research**. v. 62, n. 3, p. 307-322.

PEDUZZI, L. O.Q. (1998). **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a História e a Filosofia da Ciência em um curso de Mecânica**. Tese de Doutorado. Centro de Ciências da Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, 850 p.

PÉREZ, D. G. (1996). Orientações didáticas para a formação continuada de professores de ciências *in*: MENEZES, L. C. (1996). **Formação continuada de professores de ciências no contexto Ibero-americano**. Editora Autores Associados. 71-81.

PFUNDT, H. e DUIT, R. (1994). **Student's Alternative Frameworks and Science Education**, Institute for Science Education, 4 th Edition, Kiel, Germany, IPN.

PINTRICH et. al. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. **Review of Educational Research**, v. 63, n. 2, p.167 - 199.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In.: Duschl, R. and Hamilton, R. J. (Eds.). **Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice**, State University of New York Press, Albany.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W. and GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v.66, n.2, p. 211-227.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.12, n.3, p. 350-354.

RIVAL, M. (1997). **Os grandes experimentos científicos**, Jorge Zahar Ed., 167 p.

RUGGIERO, S. CARTELLI, A, DUPRÈ, F. E VICENTINI-MISSONI, M. (1985). Weight, gravity and air pressure: mental representations by Italian middle school pupils. **European Journal of Science Education**, v.7, n.2, p. 181 – 194.

SALTIEL, E. E VIENNOT, L. (1985). Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontaneo de los estudiantes?. **Enseñanza de Las Ciências**. v. 3, n. 1, p. 137 – 144.

SANCHÉS RON, J. M. (1988) Usos y abusos de la história de la Física en la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.6, n.2, p. 179 –188.

SANMARTI, N. CASADELLA, J. (1987). Semejanças y diferencias entre las concepciones infantiles y la evolução histórica de las Ciencias: el ejemplo del concepto de fuerza y especialmente del de fuerza de gravedad. **Enseñanza de Las Ciências**, v. 5, n. 1, p. 53 - 58.

SANTOS, M. E. V. M. (1991). **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio pedagógico**. Livros Horizonte, 260p.

SCHURMANN, P. F. (1945). **História de La Física**. 2 ed. Buenos Aires: Editora Nova, 2v.

SILVA, D. (1995). **Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura**. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP.

SNEIDER, C E PULOS, S. (1983). Children's Cosmographies: understanding the Earth's shape and gravity. **Science Education**. v. 67, n.2, p. 205 – 221.

SOLBES, J. E TRAVER, M.J. (1996). La utilización de la historia de las Ciencias em la enseñanza de la física y la química. **Enseñanza de las Ciências**, v.14, n.1, p. 103 – 112.

SOLOMON, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. **European Journal of Science Education**, v.5, n.1, p. 49-59.

STEINBERG ET AL. (1990). Genius is not immune to persistent misconceptions: conceptual difficulties impeding Isaac Newton and contemporary physics students. **International Journal of Science Education**. v. 12, p. 265 –273.

TABACHNICK, B.R. & ZEICHNER, K. M (1999). Idea and action: action research and the development of conceptual change teaching of science. **Science Education**, v. 83, pp. 309-322.

TEODORO, S. R. (2000) **A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência)., Bauru,. Universidade Estadual Paulista, 278p

TOMILINÉ, A. (1985). **Como os homens descobriram a forma da Terra**. Moscow: Ed. Rádriga.

TOSCANO, C. (1991). **Acendendo algumas “luzes” e tomando uns “choques”:** a proposta para o ensino de eletromagnetismo do GREF numa perspectiva de formação continuada de professores. Dissertação de Mestrado. UFSCar.

TOULMIN, S. (1972). **Human understanding**. Princeton: Princeton University Press.

- TRIVELATO, S. L. F. (1995). Perspectivas para a formação de professores. In.: **Coletânea da Terceira Escola de Verão para professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia**. pp. 35-48.
- VERLOOP, N.; VAN DRIEL, J.; MEIJER, P. (2002). Teacher knowledge and the knowledge base of teaching. **International Journal of Educational Research**. Article in press.
- VILLANI, A. e PACCA, J. L. A. (1992). Atualização do professor de Física no Brasil: por que? Como? Quando? Para quem? In.: Reunião Latino Americana de Ensino de Física, 5, Gramado, Brasil, **ATAS**. Porto Alegre: IF-UFRGS, p. 75-93.
- VILLANI, A. e PACCA, J. L. A. (1996). O aperfeiçoamento da competência profissional do professor de Ciências. In.: V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física. **Atas**. Águas de Lindóia: SBF. Pp. 357-369.
- VILLANI, A. e PACCA, J. L. A. (1997). Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de Ciências. **Revista da Faculdade de Educação**, v. 23, n.1-2, São Paulo.
- WESTFALL, R. S. (1995). **A vida de Isaac Newton**. Ed. Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 328 p.
- WHEATLEY, G. H. (1991). Construtivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. **Science Education**, v. 75, n. 1, p. 9 – 21.
- WHITAKER, R. J. (1983). Aristotle is not dead: student understanding of trajectory motion. **Am. J. Phys.** v.51, n. 4, p. 352 – 357.
- ZANETIC, J. (1995). **Gravitação/ Notas de aula**. IFSP. Universidade de São Paulo. 3v.
- ZILBERSZTAJN, A. (1983). Concepções espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, v.5, n.2, Sociedade Brasileira de Física, dez. 1983, p. 03 - 16.

ANEXOS

Neste capítulo, apresentamos sugestões de atividades desenvolvidas para o Curso de formação de professores sobre o tema atração gravitacional, a partir das reflexões realizadas nos capítulos anteriores.

A proposta inicialmente desenvolvida (Teodoro, 2000) foi reduzida de treze para nove atividades em função do tempo disponível. Além disso, a partir das discussões recentes sobre a formação de professores, incluímos alguns itens que não aparecem na versão original, entre eles a aplicação dos minicursos dos licenciandos em situações reais no Ensino Médio e a reflexão sobre a experiência.

No anexo 1, apresentamos a versão adaptada do questionário VOSTS, que representa um dos instrumentos sugeridos para a fase inicial da pesquisa.

No anexo 2, sugerimos um questionário de investigação de concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional.

Um questionário sobre as concepções dos futuros docentes sobre os processos de ensino e aprendizagem é apresentado no anexo 3.

As atividades de conhecimento epistemológico/científico elaborado a partir de subsídios da evolução histórica do tema atração gravitacional são descritas no anexo 4. A ênfase da proposta é dada ao estudo das influências da evolução dos modelos de mundo na descrição dos fenômenos terrestres. Cada atividade é acompanhada da justificativa do tema e objetivos, além do texto desenvolvido sobre a evolução histórica.

No anexo 5 é apresentada uma versão traduzida e reduzida do artigo de Posner e colaboradores (1982), elaborada pelo Prof. Dr. Fernando Bastos do Departamento de Educação da Unesp-Bauru. Os anexos 6 e 7 trazem respectivamente a indicação dos textos que foram utilizados nas atividades sobre a evolução das discussões sobre a mudança conceitual e sobre a inserção da História da Ciência no ensino de Ciências.

No anexo 8, sugerimos um questionário de investigação de concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional, utilizado ao final da proposta, semelhante ao apresentado no anexo 2.

ANEXO 1

Questionário VOSTS.

AIKENHEAD, G. S., RYAN, A. G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, v. 76, n. 6, p. 559 - 580.

ASSINALE A ALTERNATIVA QUE MAIS ATENDE AS SUAS IDÉIAS

1. Definir Ciência é difícil porque é uma atividade complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é:
 - A. Um estudo de campos tais como biologia, química e física.
 - B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).
 - C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.
 - D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.
 - E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).
 - F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).
 - G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.
 - H. Ninguém pode definir Ciência.

2. A Ciência apoia-se na suposição de que o mundo natural não pode ser alterado por um ser superior (por exemplo, uma divindade).

Os cientistas supõem que um ser superior NÃO alterará o mundo natural:

- A. Porque o sobrenatural está além da prova científica. Outras opiniões, fora do domínio da Ciência, podem entender que um ser superior pode alterar o mundo natural.
 - B. Porque se um ser sobrenatural existisse, os fatos científicos, mudariam numa piscada de olhos. MAS os cientistas repetidamente obtêm resultados consistentes.
 - C. Depende. O que os cientistas entendem por ser sobrenatural depende de cada cientistas individualmente.
 - D. Qualquer coisa é possível. A Ciência não sabe tudo sobre a natureza. Portanto, a Ciência deve ser aberta à possibilidade de que um ser sobrenatural pode alterar o mundo natural.
 - E. A Ciência pode investigar o sobrenatural e possivelmente pode explicá-lo. Portanto, a Ciência pode assumir a existência de seres sobrenaturais.
3. 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, que os cientistas *inventam* as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto?

Os cientistas **descobrem** as teorias científicas:

- A. Porque a idéia já estava lá para ser descoberta.
- B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais,
- C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias.
- D. Alguns cientistas podem *tropeçar* numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem.

Os cientistas **inventam** as teorias científicas:

- E. Porque a teoria é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas descobriram.
- F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos.

4. Existem muito mais mulheres cientistas hoje do que se costumava ter antes. Isto fará diferença nas descobertas científicas. As descobertas científicas feitas por mulheres tendem ser diferentes daquelas feitas por homens.

Não há diferença nas descobertas feitas por cientistas masculinos ou femininos.

- A. Porque qualquer cientista competente, eventualmente fará a mesma descoberta de outro cientista competente.
 - B. Porque cientistas femininos ou masculinos têm o mesmo treinamento.
 - C. Porque, acima de tudo, mulheres e homens são igualmente inteligentes.
 - D. Porque mulheres e homens são iguais em relação a que querem descobrir, em Ciência.
 - E. Porque os objetivos da pesquisa são definidos por demandas ou desejos não apenas dos cientistas, mas de outros.
 - F. Porque todos são iguais, independente do que fazem.
 - G. Porque quaisquer diferenças em suas descobertas são devidas a diferenças entre indivíduos. Tais diferenças não têm nada a ver ao fato de ser homem ou mulher.
 - H. As mulheres talvez façam descobertas diferentes porque, por natureza ou por educação, mulheres têm diferentes valores, pontos de vista, perspectivas ou características (tais como sensibilidade por conseqüências).
 - I. Os homens talvez façam descobertas diferentes porque homens são melhores em Ciência do que mulheres.
 - J. As mulheres igualmente podem talvez fazer melhores descobertas que os homens porque são geralmente melhor do que os homens em coisas como instinto e memória.
5. Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade.

Os modelos científicos **SÃO** cópias da realidade:

- A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros.
- B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros.
- C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrar-nos a realidade ou nos ensinar algo a respeito dela.

- D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa.

Os modelos científicos **NÃO SÃO** cópias da realidade:

- E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações.

- F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias.

- G. Porque estes modelos devem ser idéias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode a coisa real.

6. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico.

- A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico.

- B. O modelo científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós aprendemos na escola.

- C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas também *usarão também* originalidade e criatividade.

- D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade).

- E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico.

7. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria.

Os cientistas que propõem uma nova teoria **devem convencer** outros cientistas:

- A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira.

- B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria.

- C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas idéias, eles provavelmente irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas.

Os cientistas que propõem uma nova teoria **NÃO** devem convencer outros cientistas:

- D.** Porque a evidência provada fala por si mesma.
 - E.** Porque os cientistas, enquanto indivíduos, decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria.
 - F.** Porque um certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.
- 8.** Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações podem mudar no futuro.
- A.** Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto com usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original “correta”.
 - B.** Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.
 - C.** O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis.
 - D.** O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.

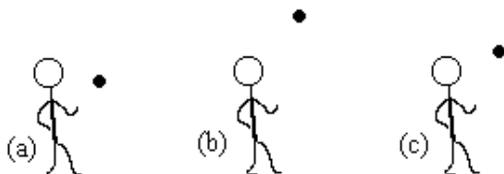
ANEXO 2

Questionário para o levantamento de concepções alternativas.

Relação entre Força e movimento

1. Uma bola de tênis é lançada verticalmente para cima. Identifique a(s) força(s) que age(m) na bola enquanto ela sobe (item a), no ponto mais alto de sua trajetória (item b) e durante a queda.

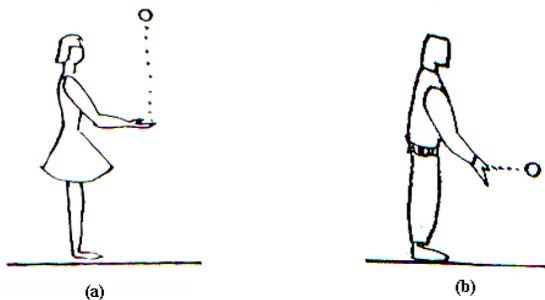
FIGURA 1:



FONTE: (Adaptado de Berg e Brouwer, 1991, p.6)

2. Observe as figuras abaixo.

FIGURA 2:



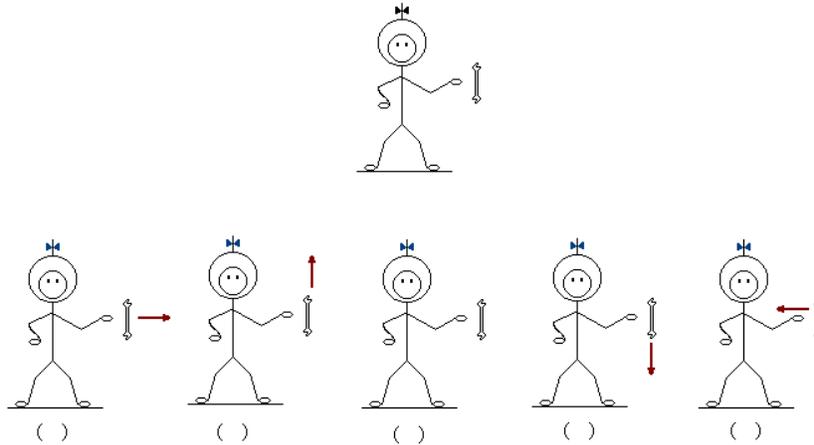
FONTE: (Adaptado de Ederstein e Spargo, 1996).

Explique em cada caso, a(s) força(s) que age(m) nos corpos após o lançamento até atingirem o solo.

A necessidade de um meio físico para a transmissão da força atrativa.

3. Um astronauta na superfície da Lua está segurando uma ferramenta. Ao soltá-la quais das figuras abaixo melhor ilustra a direção e o sentido da força que age na ferramenta.

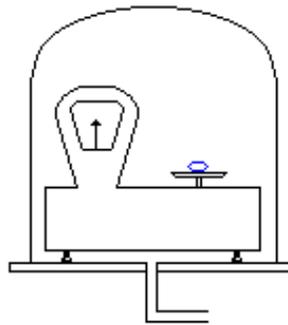
FIGURA 3:



FONTE: (Adaptado de Berg e Brouwer, 1991, p.10)

4. Na situação abaixo, uma balança está dentro de um recipiente totalmente fechado. O que acontecerá com a indicação da balança se o ar for retirado através de uma bomba de sucção, criando um vácuo quase perfeito?

FIGURA 4:



FONTE: Ruggiero et. al., 1985.

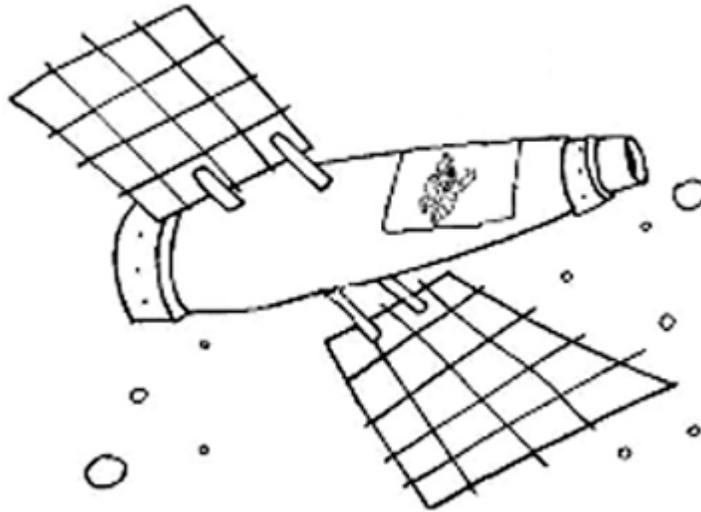
Queda dos corpos.

5. Dois corpos de mesmas dimensões, mas com massas diferentes são abandonados da mesma altura. Qual deles deverá atingir o solo primeiro? Explique. (Extraída de Bar et. al., 1994)

Limite de atuação para a força atrativa.

6. Observe a figura abaixo. Explique o comportamento do astronauta no interior da nave espacial e justifique como a nave pode permanecer em órbita.

FIGURA 5:



FONTE: Adaptada de Gonçalves e Toscano (1997).

ANEXO 3

Responda as perguntas abaixo sem identificação do seu nome:

1. Faz parte do seu projeto profissional ser professor? Justifique o sim ou o não.

2. Dentro das suas experiências de vida, o que você acha que é mais difícil na profissão docente? Quais impedimentos, aborrecimentos e problemas perturbadores? (em relação ao trabalho na sala de aula; relacionamento com a direção/burocracia da escola e pais de alunos ou comunidade).

3. O que você considera mais gratificante com relação ao trabalho docente?

4. Como deve ser uma boa aula?

- Como se deve prepará-la? Quais as fontes de consulta?
- Como se deve iniciá-la?
- Como se deve dar seqüência?
- O que deve conter?
- Que recursos didáticos são imprescindíveis?

[dê um exemplo, rápido, no verso desta folha].

5. Como se deve avaliar os alunos (os de nível médio)?

- Que elementos devem-se levar em conta para compor uma nota?
- Que tipos de instrumentos devem ser usados?
- Com que freqüência?

6. Na sua opinião o que desmotiva mais os alunos (os de nível médio) nas aulas?

7. Que tipo de comportamentos e atitudes um professor deve ter para fazer os alunos participarem da aula ou prestar atenção?

8. Na sua opinião, o que provoca indisciplina nas aulas?

ANEXO 4 – Atividades do Curso

ATIVIDADE 1: *AS PRIMEIRAS TENTATIVAS DE DESCRIÇÃO DO MUNDO.*

Justificativa:

Esta atividade tem como objetivo motivar os participantes para as discussões sobre o tema e fornecer-lhes subsídios para os debates posteriores.

Serão apresentados alguns modelos históricos (texto 1) que deverão ser analisados juntamente com a evolução das concepções individuais alternativas (texto 2) evidenciadas por vários autores sobre o tema (Nussbaum, 1976; Nussbaum e Novik, 1979; Nardi, 1989; Baxter, 1989).

Tais pesquisas sugerem que a concepção de Terra esférica se desenvolve antes da noção de gravidade e que portanto, não faz muito sentido discutir o tema gravitação com indivíduos que sustentam noções de Terra plana. (Sneider e Pulos; 1983).

Com a realização desta atividade, estaremos privilegiando o debate sobre:

- como diferentes culturas conceberam nosso planeta;
- o caráter dinâmico da evolução dos modelos científicos e
- a existência de concepções alternativas.

QUADRO 1: Planejamento da atividade 1.

CAMPOS ORIENTADORES

ATIVIDADE 1	Conhecimento científico/epistemológico	Habilidades cognitivas/reflexão	Habilidades sociais/comunicação	Seqüência instrucional (Conversação avaliativa)
As primeiras tentativas de descrição do mundo.	Alguns aspectos da evolução histórica dos modelos de mundo. Concepções alternativas sobre o tema.	Análise, argumentação e síntese das idéias principais.	Comunicar e discutir as idéias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada. 5. Aplicação das novas idéias debatidas (reflexão sobre a prática docente).

TEXTO 1

Alguns exemplos das primeiras tentativas de descrição do mundo.

A evolução dos modelos de mundo elaborados desde as mais antigas civilizações até nossa visão atual do que seja o universo, trilhou caminhos que muitas vezes esbarraram em crenças e mitos religiosos.

As descrições iniciais, fortemente arraigadas no senso comum, identificam nosso planeta como uma superfície plana.

Koestler (1989) revela que o mundo descrito por babilônios, egípcios e hebreu por volta de 3000 a.C., era uma ostra com água por baixo, e por cima, suportada pelo firmamento sólido.

A “ostra” dos babilônios era redonda e a Terra era apenas uma montanha oca, posta no centro, flutuando nas águas do fundo. A cúpula superior suportava as águas que, quando filtradas, davam origem à chuva. As águas inferiores erguiam-se em fontes e nascentes. O Sol, a Lua e as estrelas moviam-se através da cúpula no sentido do Oriente para o Ocidente.

O universo egípcio era uma ostra retangular, uma espécie de caixa, que tinha por piso a Terra. O céu era uma vaca cujos pés repousavam nos quatro cantos, ou uma mulher que se apoiava nos cotovelos e joelhos. Mais tarde, tal noção de céu foi substituída por uma espécie de tampa de metal. Ao redor das paredes internas da caixa, em uma galeria elevada, corria um rio em que o Sol e a Lua conduziam suas embarcações, entrando e desaparecendo através de várias portas. As estrelas fixas eram lâmpadas suspensas, conduzidas por deuses.

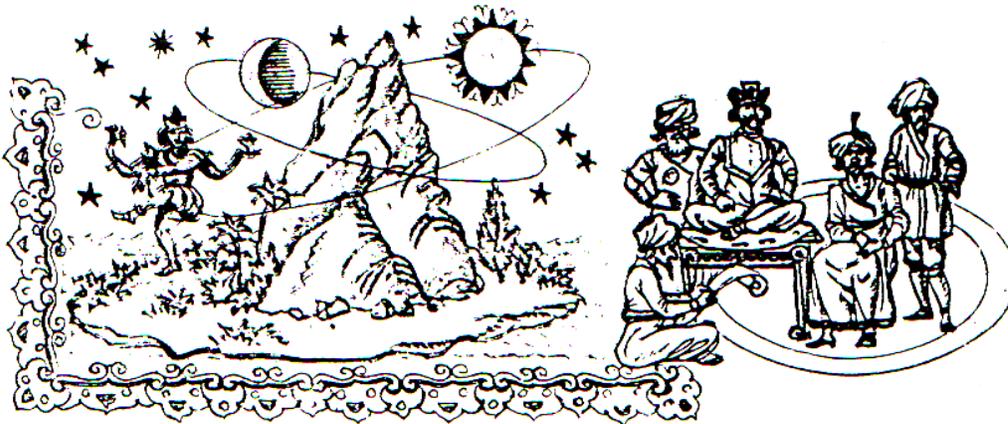
Chineses e hindus também elaboraram modelos conforme atestam as figuras descritas abaixo.

FIGURA 6: Concepção chinesa de mundo: Terra inclinada justificaria o fato de os rios correrem em uma determinada direção. O céu é representado por um grande manto.



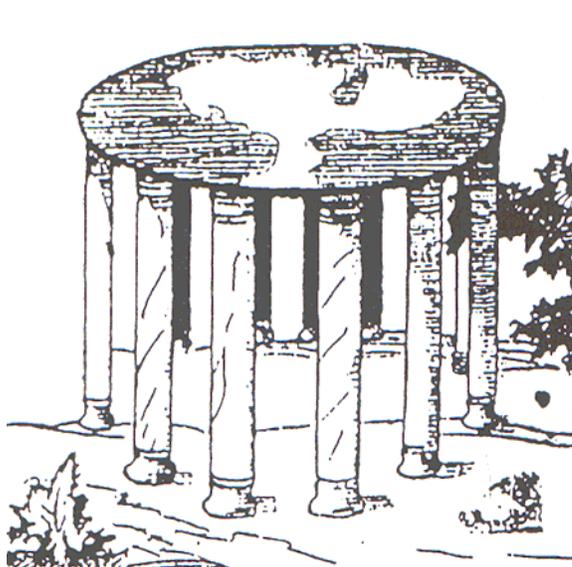
FONTE: Tomiliné (1985,p. 23)

FIGURA 7: A Terra para os hindus constituía-se de um enorme disco plano, em cujo centro estava o Monte Meru, ao redor do qual giravam o Sol, a Lua e as estrelas.



FONTE: Tomiliné, (1985, p. 21).

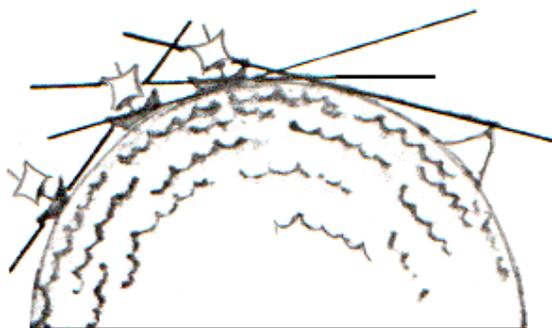
FIGURA 8: Outra concepção hindu: Terra plana sustentada por colunas.



FONTE: Lodge (1960).

O modelo de mundo proposto pelos fenícios esboça a noção de Terra curva, como a metade de uma maçã em um prato com água. Um outro grande prato azul, virado para baixo e apoiado no primeiro, seria o céu.

FIGURA 9: Concepção dos fenícios de Terra curva: em suas experiências de navegação perceberam que os cumes dos montes mais elevados eram a primeira coisa a ser avistada como que “emergindo” da água, o que não deveria acontecer no caso de Terra plana.



FONTE: Tomiliné (1985, p. 27)

Já no séc. VI a.C., identificado como o marco do nascimento da Ciência na Grécia, Tales de Mileto (640 a 550 a.C.) acreditava ser a Terra um grande disco circular flutuando sobre a água.

Anaximandro (610 a 547 a.C.) concebeu nosso planeta como uma coluna cilíndrica, rodeada de ar, flutuando de pé no centro do universo. Não havia a necessidade de qualquer suporte, uma vez que estando no centro, não possuía qualquer direção preferencial. Os céus, esféricos, encerravam a atmosfera e era composto de várias camadas, destinadas a acomodar os corpos celestes. O Sol era descrito como um orifício na borda de uma gigantesca roda que, repleta de fogo, ao girar em torno da Terra, fazia girar também o orifício.

Anaximenes (570 a 499 a.C.), parece ter sido o criador da idéia de serem as estrelas presas a uma esfera transparente de material cristalino.

A concepção de Terra esférica, introduzida inicialmente pelos pitagóricos (séc. V a. C), parece ganhar força com Platão (428 a 347 a. C.), que concebe um universo em que os corpos celestes descrevem movimentos circulares com velocidades uniformes, e posteriormente com Aristóteles (384 a 322 a.C.).

TEXTO 2

Como evoluem as noções dos estudantes sobre o tema?

A partir da década de 70, pesquisas realizadas têm mostrado a importância de se considerar no ensino as chamadas "idéias prévias" ou "espontâneas"¹ que os alunos trazem para a sala de aula. Inúmeros foram os

¹ Há muitos termos utilizados pelos pesquisadores em ensino de ciências quando se referem à idéias que os alunos trazem para a sala de aula, previamente concebidas ao ensino formal, tais

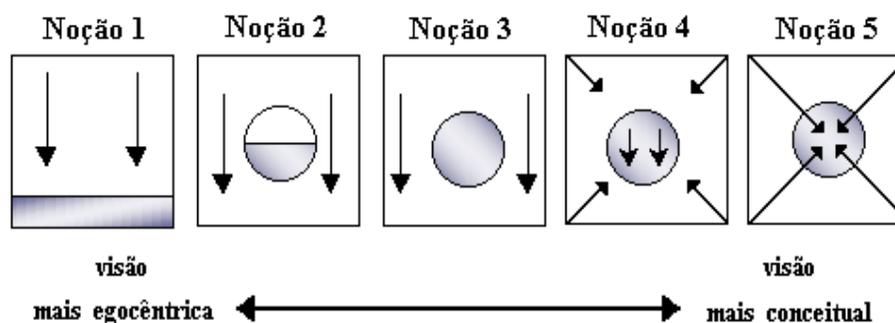
trabalhos desenvolvidos procurando levantar as estruturas alternativas de estudantes e professores em diversas áreas do conhecimento, buscando analisar sua influência na aquisição de conceitos.

Esta extensa literatura indica

“(...) que as crianças vêm para as aulas de Ciências com concepções prévias que podem diferir substancialmente das idéias a serem ensinadas, que estas concepções influenciam a aprendizagem futura e que elas podem ser resistentes à mudanças.” (Driver, 1989:p. 481).

Especificamente, com relação à evolução da noção do formato e campo gravitacional do planeta Terra, as noções mais comuns são explicitadas abaixo.

FIGURA 10: Várias noções de Terra apresentadas por crianças israelenses.

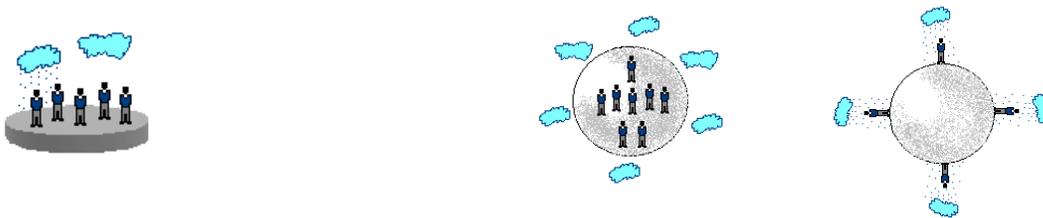


FONTE: Nussbaum (1979, p. 83).

FIGURA 11: A evolução das concepções de crianças sobre o tópico “A Terra no espaço e campo gravitacional”



como: “conceitos intuitivos”, “concepções alternativas”, “idéias ingênuas” etc. Neste texto utilizaremos estes termos como sinônimos.



FONTE: Adaptado de Baxter (1989, p. 505)

FIGURA 12: Seqüência de desenhos que mostram a evolução da concepção do planeta Terra,



segundo os sujeitos da amostra pesquisada

FONTE: Nardi (1989, p. 178)

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

1. Você percebe alguma semelhança entre os modelos históricos e as concepções alternativas dos estudantes?
2. Quais as implicações que a existência de concepções alternativas podem ter em seu trabalho pedagógico?

ATIVIDADE 2: O SISTEMA ARISTOTÉLICO.

Justificativa

Esta atividade propõe uma discussão acerca das idéias de Aristóteles sobre o movimento dos corpos, a partir de seu modelo de mundo.

Pretende-se fornecer subsídios para que o futuro docente compreenda a evolução presente na física medieval e na revolução da mecânica, ocorrida no século XVII (texto 3), além de discutir a existência de concepções alternativas relatadas na literatura, semelhantes à algumas noções presentes na filosofia aristotélica (texto 4).

A proposta de aplicação das novas idéias (sugerida de maneira mais explícita na questão 6), visa uma reflexão sobre as implicações pedagógicas dos conteúdos desenvolvidos na atividade.

QUADRO 2: Planejamento da atividade 2.

CAMPOS ORIENTADORES

ATIVIDADE 2	Conhecimento científico/epistemológico	Habilidades cognitivas/reflexão	Habilidades sociais/comunicação	Seqüência instrucional (Conversaão avaliativa)
O sistema aristotélico.	Modelo de mundo geocêntrico baseado em esferas concêntricas. Física aristotélica.	Análise, argumentação e síntese das idéias principais.	Comunicar e discutir as idéias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada. 5. Aplicação das novas idéias debatidas. (reflexão sobre a prática pedagógica).

TEXTO 3

O universo aristotélico

Aristóteles (384 a.C. a 322 a.C.) foi discípulo de Platão e teve sua obra influenciada pelo trabalho do mestre. Este filósofo foi o primeiro grande enciclopedista, procurando reunir conhecimentos dispersos, organizá-los e fazer deles uma base sólida e duradoura. Proporcionou grandes contribuições em seus estudos sobre Lógica, Física, Biologia, Astronomia, Teologia, Política e outras áreas.

“A chave para o entendimento do mundo, segundo Aristóteles, era a física. Mas a física não significava para ele o que significa hoje – as leis do movimento da matéria inanimada. Totalmente ao contrário. A física ou a natureza de qualquer ser era o que tendia a tornar-se e como isto normalmente ocorria. Na verdade o pensamento de Aristóteles, em função de seus conhecimentos médicos e seu interesse em Biologia, interpretava o mundo como se tudo fosse vivo”. (Bernal, 1965, v.1, p. 200).

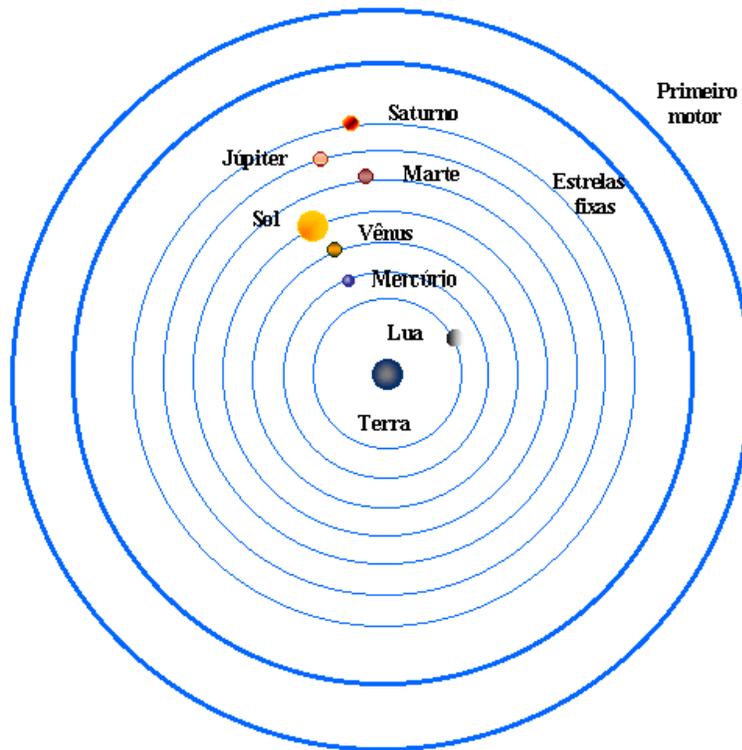
Dessa forma, o objetivo do trabalho científico é encontrar a natureza das coisas e este princípio permeia sua obra.

A Terra ocupa o lugar central no universo de Aristóteles, que é dividido em duas regiões: a terrestre e a celeste.

O esquema abaixo ilustra as nove esferas clássicas, desde a esfera da Lua até a do Primeiro Motor, mas devemos salientar que cada uma das nove esferas representa um ninho de esferas dentro de esferas.²

² Tal idéia não era original. Peduzzi (1998) assinala que Eudoxo de Cnico (408 – 355 a. C.) já havia desenvolvido um sistema cosmológico baseado em 27 “esferas homocêntricas” – noção que foi adotada em toda a Grécia. Seu discípulo Calipo procurou melhorar o sistema acrescentando outras 7 esferas, atingindo um total de 34. Nussenzveig (1997) revela que Aristóteles introduz 55 esferas para descrever os movimentos dos corpos celestes. Deve-se contudo destacar que as esferas materiais de Aristóteles possuíam realidade física, ao contrário do sistema de Eudoxo, que se limitou a desenvolver dispositivos meramente geométricos.

FIGURA 13: Modelo ilustrativo do sistema geocêntrico de Aristóteles.³



“(...) este mundo é único, solitário e completo. É claro que não há nada, nem lugar, nem vácuo, além dos céus. (...) O movimento natural da Terra como um todo, como de todas as suas partes, está dirigido para o centro do universo; esta é a razão de porque ela está no centro (...) assim a Terra e o universo têm o mesmo centro, (...) os corpos pesados movem-se para o centro da Terra apenas incidentalmente, pois seu centro está no centro do universo. (...) Assim, a Terra não se move (...) a razão para essa imobilidade é clara (...) é da natureza da Terra mover-se de todos os lados para o centro (como as observações mostram), assim como a do fogo é mover-se para fora do centro (...) é impossível (portanto) para qualquer porção de Terra mover-se para fora do centro (naturalmente) sem coação (...) sua forma deve ser esférica (...) pois, se partes iguais são adicionadas em todas as partes,

³ Adaptado de <http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/retrograde/aristotle.html> (25/04/1999)

a extremidade deve estar a uma distância constante do centro. Tal forma só pode ser esférica". (Aristóteles, De Caelo. apud. Zanetic, 1995, p.23).

Se a natureza de um corpo determina a direção de seu movimento, pode-se dizer que toda a Terra poderia mover-se em direção a um mesmo lugar: o centro do universo. Isto resulta conseqüentemente na admissão do formato esférico como o mais provável para a Terra. Outro argumento utilizado por Aristóteles para defender a esfericidade de nosso planeta baseava-se no fato de que, durante um eclipse lunar, ao entrar ou sair da sombra da Terra, o formato observado na Lua é sempre circular, o que só poderia ser produzido por um corpo esférico.

Aristóteles e o movimento

Aristóteles formulou seu modelo de universo e sua visão sobre a natureza das coisas através da observação dos acontecimentos terrestres e celestes. A Terra era o retrato de um mundo sujeito a constantes e profundas mudanças, o que o fez associar nosso planeta a um mundo corruptível e imperfeito. Tudo o que nele existia era fruto da combinação dos quatro elementos: terra, fogo, água e ar e a propriedade de um corpo ser leve ou pesado estava de acordo com a porcentagem dos elementos que o compõe.

Para Aristóteles, cada corpo ocupa uma posição determinada na natureza e se dirige a seu lugar natural sem a necessidade de uma força motriz. No mundo sublunar, o movimento natural pode ser ascendente ou descendente, seguindo uma linha reta que passa pelo centro da Terra. Corpos pesados tendem a procurar o centro da Terra, enquanto os leves tendem a seguir o sentido oposto. Qualquer outro tipo de movimento descrito por um corpo era considerado

“violento” ou “forçado” e havia a necessidade de que uma força ⁴ atuasse para produzi-lo e conservá-lo.

Mas e o que dizer a respeito do movimento dos corpos celestes? Como explicá-los?

Na filosofia aristotélica os corpos celestes não seguem os mesmos padrões de movimento dos objetos terrestres, já que não são constituídos dos mesmos quatro elementos, mas sim de uma quinta essência: o éter.

O movimento natural de um corpo composto de éter é circular e uniforme, de tal forma que o movimento descrito pelos corpos celestes é natural.

As idéias de Aristóteles podem ser assim resumidas (Zanetic, 1995; Peduzzi, 1998):

- a) O universo Aristotélico é finito, já que em um espaço infinito não faz sentido falar em movimento natural dirigido para um centro absoluto.
- b) Tal universo está dividido em duas partes: a região superior, ou região das esferas celestes, onde o movimento natural é o circular, e a região interna à órbita da Lua (mundo sublunar), onde o movimento natural é ascendente ou descendente.
- c) Já que o movimento revela a natureza da matéria, os corpos celestes devem ser compostos de um material diferente daqueles que compõem os corpos terrestres. Tal substância imutável, é denominada éter.
- d) Quando os objetos terrestres são dotados de movimento forçado, sua velocidade é proporcional à força. Se esta cessa de atuar, o movimento pára.

$$F \propto v$$

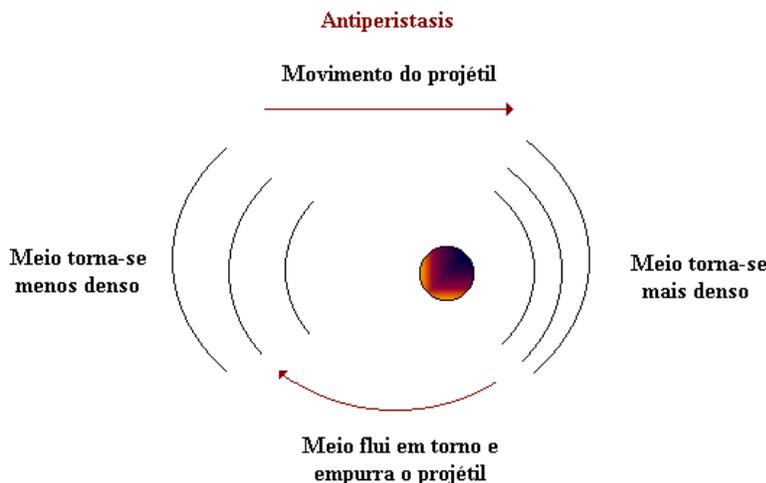
- e) Em todo movimento (não natural), há dois fatores primordiais: a força e a resistência. Para que haja movimento:

$$F > R$$

⁴ Peduzzi (1998, p.274) chama a atenção para o fato de que a noção aristotélica de **força** não deve ser confundida com o conceito moderno aceito atualmente. Nos trabalhos de Aristóteles surgem expressões como **motor** e **causa** do movimento.

- f) $v \propto F/R$ é freqüentemente conhecida como a lei aristotélica do movimento. (ainda que ele não expressasse seus resultados sob a forma de equações).
- g) Quando um corpo se movimenta, a massa de ar que ele desloca funciona como um agente secundário de movimento (antiperistasis). *O meio tem dupla função na física aristotélica: sustentar o movimento e resistir a ele.* Dessa forma era possível explicar como um projétil permanecia em movimento durante um certo tempo, mesmo sem a ação de uma força propulsora.

FIGURA 14: Interpretação aristotélica do movimento de um projétil quando abandona o lançador.



FONTE: Peduzzi (1998, p. 278).

- h) Admitir a existência do vácuo na filosofia aristotélica é aceitar a possibilidade de velocidades infinitas.

Aristóteles não acreditava na necessidade de que uma força agisse causando a queda dos corpos (movimento natural), pois rejeitava a possibilidade de uma ação à distância, assim como Platão.

A concepção aristotélica de universo geocêntrico encontrou adeptos. No século II de nossa era, Ptolomeu, outro grande pensador grego, pôde sistematizar o modelo de mundo proposto, buscando “salvar as aparências”, ou seja, adaptar a teoria aos dados observacionais independentemente de sua realidade física. Surge um sistema poderoso, capaz de explicar, por exemplo, o

movimento retrógrado dos planetas. Apesar de sua complexidade e do fato de representar um modelo essencialmente matemático, – o que gerou muitas críticas daqueles que não concebiam modelos e teorias sem a correspondência com a realidade física - o sistema ptolomaico resistiu até que as idéias heliocentristas revisitadas por Nicolau Copérnico começassem a ganhar espaço a partir do século XV.

Vários foram os motivos que permitiram que o paradigma aristotélico-ptolomaico reinasse durante tanto tempo. Rival (1997) assinala que a ausência de uma demonstração experimental foi o principal obstáculo encontrado pela teoria heliocêntrica, que pregava uma mobilidade terrestre que contrariava os sentidos e não era capaz de detectar a paralaxe estelar⁵. Além disso, o dogma teológico de uma Terra imóvel no centro do universo dificultou (e tornou perigosa) a aceitação do modelo heliocêntrico como realidade física.

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

1. Explique como, dentro da visão de universo hierárquico de Aristóteles, a divisão de mundos representa uma possibilidade de explicação para movimentos aparentemente definidos por causas distintas.
2. Dentro da filosofia aristotélica, existe a possibilidade de se cogitar algum tipo de causa externa para o movimento de queda dos corpos? Explique.
3. Utilizando argumentos baseados na física aristotélica, discuta a função do meio e a impossibilidade do vácuo para o movimento.
4. Para Aristóteles, que tipo de movimento seria produzido por uma força constante?

⁵ Ver figura 23

TEXTO 4

Algumas concepções alternativas sobre o movimento, encontradas na literatura, são semelhantes às noções presentes na filosofia aristotélica.

Whitaker (1983) estudou as concepções de movimento de cem estudantes que cursavam diferentes níveis de cursos introdutórios de Física.

No caso de dois corpos de mesmo formato e tamanho, mas pesos diferentes, a previsão do movimento de queda para muitos estudantes considera que *a velocidade é proporcional ao peso do corpo*. Dessa forma, admite-se que o corpo mais pesado atinge o solo primeiro. Algumas justificativas apresentadas pelos estudantes:

- Porque é mais pesado.
- A bola mais pesada viajará mais rápido do que a bola mais leve.
- Existirá maior atração gravitacional na bola mais pesada.

O autor revela que entre estudantes que tinham concluído o ensino médio, o nível de respostas corretas aumentou em relação àqueles que ainda não o tinham feito. Entretanto, o ensino formal não foi capaz de modificar as noções alternativas.

Sobre o mesmo problema, o trabalho de Bar et. al. (1994) revela as previsões de estudantes em diversas faixas etárias:

4 a 5 anos - Objetos atingirão o solo ao mesmo tempo. Nesta idade, as crianças não consideram os pesos relativos como variáveis relevantes.

5 a 7 anos - Aproximadamente 50% dos indivíduos acreditam que os objetos leves precederão os pesados, argumentando que quanto mais leve for o objeto, mais rápido este será.

A partir dos 7 anos - O peso e a força atrativa são considerados, e a maioria afirma que o objeto mais pesado cairá primeiro.

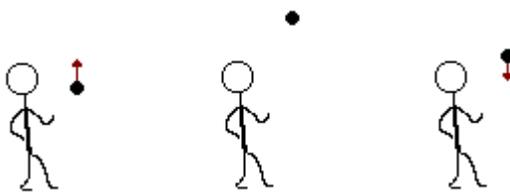
Aos 13 anos - Um considerável número de estudantes afirma que os dois corpos atingirão o solo simultaneamente, baseados em experiências ou na leitura dos experimentos de Galileu. Tais respostas, apesar de corretas não refletem uma visão newtoniana, já que o argumento mais utilizado é que a força que atua nos dois corpos é igual.

No que diz respeito à causa da queda, este estudo conclui que cerca de 20% das crianças entre 5 e 10 anos sustentam a noção de que *um determinado objeto cai por ser pesado*. *Em contrapartida, corpos leves não caem*.

A concepção aristotélica de que um agente⁶ é necessário para manter um movimento considerado “violento” também parece estar presente em algumas noções alternativas.

No estudo realizado por Berg e Brouwer (1991), para 56,2 % da amostra pesquisada existe a necessidade de uma força “para cima” agindo sobre um corpo lançado verticalmente, durante seu movimento ascendente. O movimento de queda é encarado dentro da filosofia aristotélica como natural, e, portanto não existe um agente externo causador.

FIGURA 15: Representação da concepção espontânea expressada pela maioria dos estudantes entrevistados: força resultante atuando em um corpo lançado verticalmente para cima.



FONTE: Adaptado de Berg e Brouwer (1991, p.6).

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

Gagliardi (1988) reconhece na determinação das representações dos estudantes um valioso instrumento para se obter seus obstáculos epistemológicos, entretanto ressalta que isto não significa pregar um paralelismo ingênuo entre as concepções dos estudantes e os conceitos historicamente construídos.

Saltiel e Viennot (1985) apesar de considerarem a existência de conexões, destacam certas reservas sobre a interpretação simplista das relações

⁶ No caso da filosofia aristotélica, a função de manter um movimento “violento” quando este abandona o lançador é atribuída ao ar.

entre as concepções espontâneas dos estudantes e teorias presentes na História da Ciência. Uma delas refere-se ao fato de não se poder desprezar as diferenças culturais, sociais, políticas, econômicas e tecnológicas que nos separam dos nomes que, a seu tempo, ajudaram a construir o conhecimento que ora buscamos compreender.

Além disso, se de um lado encontramos concepções facilmente comparáveis com teorias históricas (o que parece ser o caso do “ímpetus”), existem outras noções defendidas por estudantes, como por exemplo, a que relaciona

(...) a rotação da Terra, e da atmosfera, como causa da atração gravitacional, que são dificilmente identificáveis com alguma teoria histórica. (Sanmarti e Casadella, 1987: p. 56).

5. Você acredita que um indivíduo que sustente algumas noções alternativas, como as apresentadas anteriormente, pode ser descrito como um aristotélico? Justifique.
6. De que maneira as informações discutidas até aqui podem ajudá-lo em sua ação docente?

ATIVIDADE 3: O MODELO DE MUNDO PTOLOMAICO E O “DIVÓRCIO COM A REALIDADE.”

Justificativa:

Nesta atividade pretende-se fornecer subsídios para o estudo de alguns aspectos do sistema ptolomaico e seu caráter essencialmente matemático na descrição dos fenômenos.

Grant (1983) salienta que o que ficou conhecido como sistema aristotélico-ptolomaico constituiu-se durante a Idade Média da adoção do modelo aristotélico simplificado⁷ como fisicamente provável e da astronomia ptolomaica como indispensável para “salvar as aparências”.

⁷ Conforme apresentado na figura 13.

QUADRO 3: Planejamento da atividade 3.

CAMPOS ORIENTADORES

ATIVIDADE 3	Conhecimento científico/ epistemológico	Habilidades cognitivas/ reflexão	Habilidades sociais/ comunicação	Seqüência instrucional (Conversaão avaliativa)
O modelo de mundo ptolomaico e o “divórcio com a realidade”.	Modelo de mundo ptolomaico. Astronomia essencialmente “técnica”, dissociada da realidade física.	Análise, argumentação e síntese das idéias principais.	Comunicar e discutir as idéias.	1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada.

TEXTO 5

O modelo de mundo de Ptolomeu

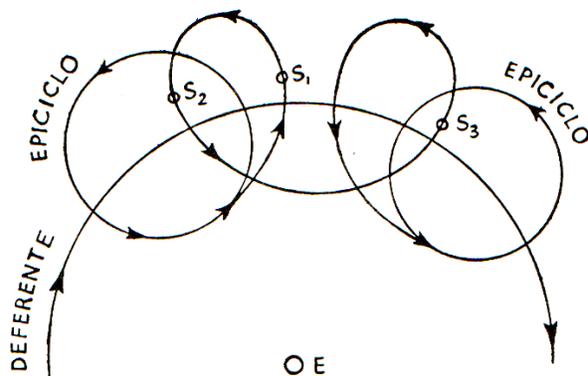
Claudio Ptolomeu (~ 100 a 170 d.C.), considerado um dos maiores astrônomos da Antigüidade, desenvolveu um sistema que dominou hegemonicamente o cenário astronômico até o aparecimento do sistema copernicano no século XV.

Peduzzi (1998) afirma que o “Almagesto” é um tratado matemático que sintetiza as tentativas anteriores de descrição do céu e possui amplo poder preditivo do movimento dos corpos celestes.

O domínio da esfera na descrição dos fenômenos permanecia inabalado neste período, conseqüentemente existiam alguns problemas que não podiam ser resolvidos a partir dos modelos desenvolvidos até então, como por exemplo, o movimento retrógrado dos planetas e sua variação de brilho.

Na tentativa de “salvar as aparências”, artifícios geométricos (tais como o epiciclo e o deferente) introduzidos inicialmente por Hiparco (160 a 124 a.C.) foram aperfeiçoados por Ptolomeu. Koestler (1989) salienta que Ptolomeu completou o trabalho inacabado de Hiparco, sem, contudo contribuir com nenhuma idéia de valor teórico.

FIGURA 16: O sistema epiciclo-deferente

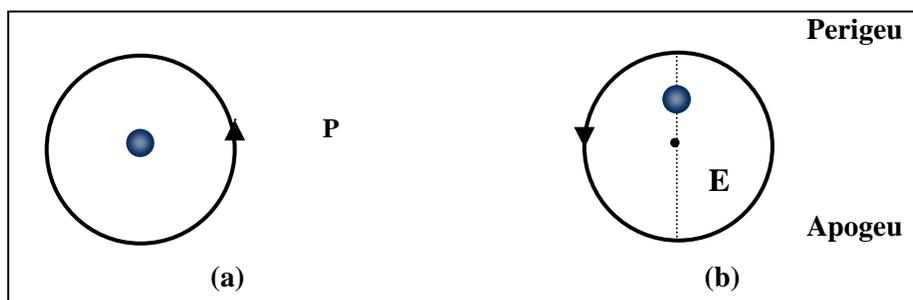


FONTE: Koestler (1989, p. 38).

Este arranjo permitia reproduzir o movimento retrógrado dos planetas, entretanto outros artifícios tais como o *excêntrico* e o *equante* foram necessários para explicar os demais fenômenos observados.

Se o movimento dos planetas fosse descrito a partir de um sistema excêntrico (figura b), para um observador em **E** o planeta **P** não pareceria mover-se com velocidade constante ao longo da trajetória em relação às estrelas fixas (apesar de seu movimento ao longo do círculo ser uniforme). Além disso, neste caso, considerando a Terra representada em **E** e o Sol (ou demais planetas) representado em **P**, haveria períodos em que o Sol ou o planeta estaria mais próximo da Terra, o que explicaria a variação de brilho observada. (Cohen, 1967).

FIGURA 17: Sistemas homocêntrico (a) e excêntrico (b).



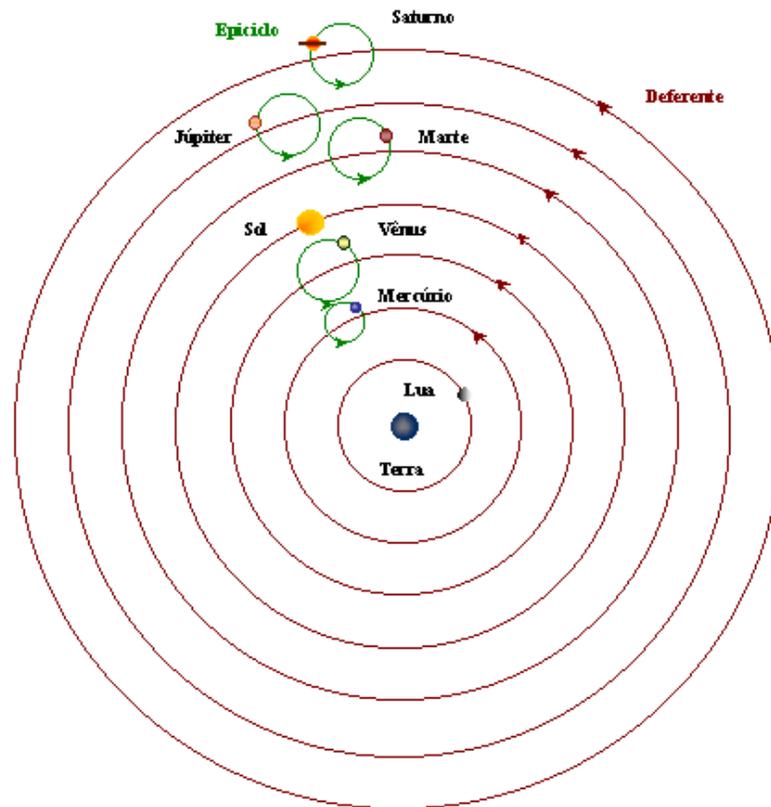
FONTE: Adaptado de Cohen (1967, p. 33).

A combinação de tais artifícios resultava em um sistema altamente complexo, que apesar das críticas que recebeu, não encontrou durante séculos um adversário à altura. Parece que o próprio Ptolomeu não se preocupou com a realidade física de seu sistema, encarando-o como um “modelo” do universo, capaz de permitir ao astrônomo realizar previsões. Cohen (1967) salienta que isto representou o ponto alto do ideal grego.

“Embora freqüentemente menos elaborada, esta maneira de encarar a Ciência é muito semelhante à do físico do século XX, cuja ambição é também produzir um modelo que resulta em equações capazes de prever os resultados da experiência – e muitas vezes ele se vê

obrigado a se contentar com equações, na ausência de um “modelo”, que possa ser construído.” (Cohen, 1967, p.35).

FIGURA 18: Diagrama ilustrativo do movimento planetário baseado no sistema Ptolomaico.



FONTE: Adaptado de Fishbane et. al. (1996, p. 321).

A cosmologia de Ptolomeu é perfeitamente coerente com a doutrina aristotélica, o que implica que não existe a necessidade de uma nova física para explicar os fenômenos. Três pontos fundamentais estão presentes: 1) todo movimento no céu é circular uniforme; 2) os corpos celestes são constituídos de um material imutável e 3) a Terra é o centro do universo. Seu modelo conseguia ajustar dados observacionais para os quais o sistema aristotélico permanecia sem respostas. Entretanto, não era simples aceitar que de fato corpos celestes podiam orbitar em torno de pontos geométricos no espaço.

“Muito homem de saber não podia crer que um sistema de quarenta ou mais “rodas dentro de rodas” poderia talvez estar rodando no céu, que o mundo fosse tão complicado. Conta-se que Afonso X, rei de Leão e Castela, chamado Afonso o Sábio, que manteve um famoso grupo de astrônomos não podia acreditar que o sistema do universo fosse tão intrincado. Quando a princípio lhe ensinaram o sistema ptolomaico, comentou ele, segundo a lenda “Se o Senhor Todo Poderoso me tivesse consultado antes de começar a criação, eu teria recomendado alguma coisa mais simples” (Cohen, 1967, p.38).

Koestler (1989) assinala que desde o século II da era cristã até o início do século XVII, o *Almagesto* de Ptolomeu continuou a ser uma espécie de Bíblia da astronomia. Neste período, quase não houve progresso e as causas são evidenciadas brevemente pelo autor:

1. Divisão do mundo em duas esferas e a divisão mental que daí resultou;
2. Dogma geocêntrico;
3. Dogma do movimento uniforme em círculos perfeitos;
4. Divórcio entre Ciência e matemática;
5. Incapacidade de compreender que enquanto o corpo em repouso tendia a permanecer em repouso, o corpo em movimento tendia a permanecer em movimento.

QUESTÃO PARA REFLEXÃO

1. A tônica do modelo de mundo ptolomaico é a tentativa de “salvar as aparências”, ou seja ajustar um modelo explicativo aos dados observacionais, independentemente de sua realidade física. Grant (1983) assinala que epiciclos e deferentes converteram-se na base de uma astronomia “técnica”. Cohen (1967) afirma que, apesar de menos elaborada, há uma certa semelhança entre esta forma de encarar a Ciência e a concepção do físico do século XX. Comente o seu posicionamento a respeito das afirmações acima.

ATIVIDADE 4: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A FÍSICA NA IDADE MÉDIA.

Justificativa:

Nesta atividade, sugerimos subsídios para a discussão de algumas críticas ao modelo aristotélico do movimento, que acabaram gerando o desenvolvimento da concepção de força impressa (*ímpetus*) na Idade Média.

A rejeição ao conhecimento grego e o retrocesso à concepção de Terra plana são apresentados visando uma reflexão sobre a visão ingênua de Ciência neutra, presente muitas vezes em textos didáticos e nos meios de comunicação.

Alguns exemplos de concepções alternativas relacionadas ao tema também são apresentados.

QUADRO 4: Planejamento da atividade 4.

CAMPOS ORIENTADORES

ATIVIDADE 4	Conhecimento científico/epistemológico	Habilidades cognitivas /reflexão	Habilidades sociais/comunicação	Seqüência instrucional (Conversaão avaliativa)
<p>Algumas considerações sobre a física na Idade Média.</p>	<p>Crítica à filosofia aristotélica.</p> <p>Influência do contexto social e religioso no desenvolvimento científico.</p> <p>Desenvolvimento da teoria do <i>ímpetus</i>.</p> <p>Concepções alternativas semelhantes à teoria do <i>ímpetus</i>.</p>	<p>Análise, argumentação e síntese das idéias principais.</p>	<p>Comunicar e discutir as idéias.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada.

TEXTO 6

Algumas considerações sobre a Física na Idade Média

Segundo Zanetic (1995), a produção científica dos gregos sofreu um período de estagnação e até retrocesso no período compreendido entre o início da era cristã e o surgimento da mecânica nos séculos XVI e XVII.

A concepção de universo esférico dos gregos era incompatível com a doutrina da Igreja, baseada em uma interpretação literal da Bíblia. Koestler (1989) assinala que a cosmologia deste período volta diretamente aos babilônios e hebreus e é dominada por duas idéias principais: 1) que Terra tem o formato do Santo Tabernáculo e 2) que o firmamento está envolvido por água.

“E Deus disse: haja um firmamento no meio das águas, e divida as águas das águas. E Deus fez o firmamento, e dividiu as águas que estavam sob o firmamento das águas que estavam acima do firmamento. E assim se fez”. (Gênesis I: 6,7).

Um exemplo significativo desta visão de universo aparece no primeiro sistema cosmológico compreensível da primeira Idade Média. Koestler (1989) destaca um trecho da ***Topographica Christiana*** escrita pelo monge Cosmas no século VI.

“O Santo Tabernáculo, descrito no Êxodo, era retangular e duas vezes mais longo do que largo; logo, a terra possui a mesma forma, e está situada no sentido do comprimento de Leste a Oeste, no fundo do universo. Circunda-a o oceano, como a mesa de pão, no ritual judaico, está rodeada pela franja ondulada; e o oceano está rodeado por outra terra, o lugar do Paraíso, e habitação do homem até o dia em que Noé atravessou o oceano, estando agora desabitada. Das extremidades dessa terra exterior e deserta se erguem quatro planos verticais, que são as paredes do universo. O teto é um semicilindro repousando sobre as paredes do norte e do sul, o que dá ao universo o aspecto de barraca ou de baú de viagem com uma tampa curva. Contudo, o piso, isto é, a terra, não é chato; pelo contrário, inclina-se de noroeste a sudeste, pois está escrito no Eclesiastes I, 5 que “o sol desce e volta ao lugar onde nasceu”. Conseqüentemente, os rios, como o Eufrates e o Tigre, que correm para o sul, possuem corrente mais rápida que o Nilo

que corre “para cima”; e os barcos navegam mais depressa para o sul e leste do que os que devem “subir” para o norte e o oeste, sendo estes últimos chamados “indolentes”. As estrelas são levadas por anjos, pelo espaço abaixo do teto do universo, e ficam ocultas quando passam atrás da parte norte da Terra, encimada por gigantesca montanha cônica, a qual oculta o sol da noite, sendo o sol muito menor que a terra.” (Topographica Christiana. apud. Koestler, 1989, p. 57).

Importantes obras de filósofos gregos não foram traduzidas para o latim e muitas se perderam, por exemplo, quando em 640 d.C. com a invasão árabe, a famosa biblioteca de Alexandria foi incendiada. (Schurmann, 1945).

A despeito de toda a produção anterior, nessa época, para muitos pensadores, a Terra “volta a ser plana”.

Apesar disso, nem só de retrocessos vive este período. Alguns pensadores passam a questionar a dinâmica aristotélica, dando início à construção de uma explicação sobre o movimento baseada na admissão de uma **força impressa** ao corpo. Este aspecto merece destaque, uma vez que as pesquisas mostram que muitos de nossos alunos possuem concepções acerca do movimento, muito semelhantes às aquelas desenvolvidas nesse período histórico.

Parece surgir com Hiparco (século II a.C.) a crítica à concepção aristotélica de movimento. Para este astrônomo, quando um corpo abandona o lançador, continua se movendo graças à ação de uma força que lhe foi transmitida e se esvai no decorrer de sua trajetória.

O mesmo tipo de argumento é utilizado por João Filopono (século VI d.C) que atribui ao meio apenas a função de resistir ao movimento. Em consequência, nessa abordagem existe a possibilidade de movimento no vácuo, já que o ar não mais possui o caráter de “propulsor”.

A “lei de movimento” de Filopono indica que a velocidade de deslocamento de um corpo é proporcional à diferença entre a força e a resistência.

$$V \propto (F - R)$$

Somente a partir dos séculos VIII e IX é que as obras gregas passam a ser redescobertas, e os clérigos começam a ter permissão para estudá-las. Foi com São Tomas de Aquino no século XIII, que o sistema aristotélico ganhou força e passou de conhecimento proibido à condição de dogma da Igreja.

A física aristotélica, entretanto, não escapou das críticas e a física do *ímpetus* ganhou novos articuladores.

João Buridan (1300 a 1358) propõe um *ímpetus* que difere da noção de Filopono e Hiparco no sentido em que é permanente e só pode ser dissipado por agentes externos. Assim, este pensador descarta a possibilidade do vácuo, pois isso implicaria em um movimento infinito.

Nicolau de Cusa (1401 a 1464) utiliza a idéia de *ímpetus* circular, proposta por Buridan, para explicar o movimento das esferas celestes.

À época do renascimento, George Peurbach (1423 a 1461) e seu discípulo Johannes Regiomontanus (1436 a 1476) iniciaram a reforma da astronomia na Europa no século XV. Eles tinham como objetivo eliminar os erros presentes em textos astronômicos, especialmente na obra de Ptolomeu, através do estudo profundo dos originais. As traduções latinas desta obra incorporavam comentários e interpretações árabes que estavam mescladas ao conteúdo original.

Peduzzi (1998) revela que este trabalho elevou o nível da astronomia teórica na Europa e permitiu que tal conhecimento se tornasse mais claro e, conseqüentemente pudesse ser alvo de críticos que não aceitavam os dispositivos geométricos propostos por Ptolomeu.

TEXTO 7

A ocorrência de concepções alternativas entre estudantes, semelhantes à teoria do *ímpetus*, têm sido relatada em diversas pesquisas (por exemplo McCloskey et al., 1980; Halloun e Hestenes, 1985; Sanmarti e Casadella, 1987; Berg e Brower, 1991 e Enderstein e Spargo, 1996).

A idéia de que deve haver algo agindo na direção do movimento para mantê-lo, parece não sofrer influência significativa após o ensino formal.

Enderstein e Spargo (1996), baseados nos resultados da pesquisa realizada na África do Sul, envolvendo 2326 estudantes com idades entre 11 e 16 anos, *sugerem inclusive um caráter universal desta crença* devido à similaridade das respostas encontradas nos diversos grupos analisados e em estudos anteriores.

O levantamento realizado pelos pesquisadores revelou que a grande maioria dos sujeitos da amostra relaciona necessariamente a presença de uma força na direção do movimento (Cerca de 94% das respostas para a questão sugerida na figura 7.2 (a) e 78% na proposta apresentada na figura 7.2 (b)).

Os autores revelam ainda que, em muitos casos, a presença da força gravitacional foi ignorada pelos estudantes.

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

1. A rejeição ao conhecimento pagão dos gregos aparece neste trecho do trabalho de Santo Agostinho, o *Enchiridion*, ou manual para os cristãos:

“Quando, então, pergunta-se no que devemos acreditar com relação à religião, respondo que não é necessário investigar a natureza das coisas, como faziam aqueles a quem os gregos chamavam de ‘físicos’. Nem devemos ficar alarmados e amedrontados de que os cristãos ficariam ignorantes da força e número dos elementos, o movimento, ordem e eclipses dos corpos celestes; a forma dos céus; as espécies e a natureza dos animais, plantas, pedras, fontes, rios, montanhas; sobre cronologia e distâncias; os sinais que antecedem as tempestades; e um milhar de

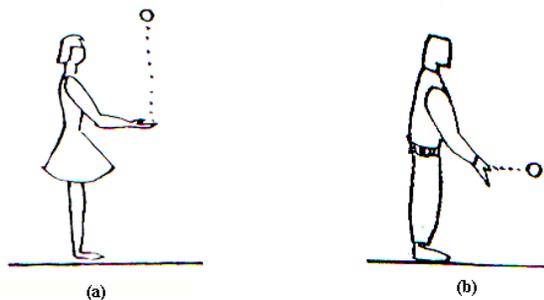
outras coisas que aqueles filósofos descobriram ou pensavam haver descoberto [...]. Para o cristão é suficiente acreditar que a única causa de todas as coisas criadas, sejam celestes ou terrestres, sejam visíveis ou invisíveis, é a bondade do criador, o único Deus; e que nada existe, exceto Ele próprio, que não deva sua existência à Ele". (Agostinho, *Enchiridion*. apud Zanetic, 1995, p. 39).

O retorno à concepção de Terra plana, relatada em alguns modelos cosmológicos da época, inspirados em uma interpretação literal da Bíblia, parece indicar um posicionamento não neutro em relação ao conhecimento científico.

A partir dos subsídios fornecidos, posicione-se criticamente em relação a estes fatos.

2. Observe as figuras abaixo.

FIGURA 19 : Questões utilizadas para investigar concepções que relacionam força e movimento.



FONTE: Ederstein e Spargo (1996)

A partir das discussões anteriores, explique em cada caso, a(s) força(s) que age(m) nos corpos após o lançamento até atingirem o solo, de acordo com:

- a física aristotélica;
- o *ímpetus* de Filopono;
- o *ímpetus* de Buridan;
- as concepções alternativas dos estudantes relatadas na literatura.

ATIVIDADE 5: O HELIOCENTRISMO DE COPÉRNICO.

Justificativa:

Esta atividade sugere um estudo sobre os principais aspectos do modelo heliocêntrico proposto por Copérnico no século XVI.

A proposta é revelar que o que denominamos “revolução copernicana” não representa um evento isolado. As dificuldades envolvidas na formulação do sistema copernicano (ainda atrelado a epiciclos e deferentes) e os problemas que suscita ao admitir o movimento da Terra parecem muito importantes para uma discussão que pretende desmistificar a produção do conhecimento científico.

QUADRO 5: Planejamento da atividade 5.

CAMPOS ORIENTADORES

ATIVIDADE 5	Conhecimento científico/epistemológico	Habilidades cognitivas /reflexão	Habilidades sociais/comunicação	Seqüência instrucional (Conversaão avaliativa)
O heliocentrismo de Copérnico.	Sistema heliocêntrico e suas implicações.	Análise, argumentação e síntese das idéias principais.	Comunicar e discutir as idéias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada.

TEXTO 8

O heliocentrismo de Copérnico

A primeira apresentação do sistema copernicano estava contida em um manuscrito, o *Commentariolus* e apresentava sete axiomas que resumiam as hipóteses fundamentais (Cf. Koestler, 1989):

1. Os corpos celestes não se movem todos em torno do mesmo centro;
2. A Terra não é o centro do universo, e sim apenas da órbita lunar e da gravidade terrestre;
3. O Sol é o centro do sistema planetário e, portanto, do universo;
4. Comparada à distância das estrelas fixas, a distância da Terra ao Sol é pequena;
5. A revolução diária aparente do firmamento se deve à rotação da Terra sobre seu próprio eixo;
6. O movimento anual aparente do Sol se deve ao fato de que a Terra, como os demais planetas, gira em volta do Sol e
7. Que as “estações e retrogressões” aparentes dos planetas se devem à mesma causa.

O número de círculos necessários para a descrição dos fenômenos celestes, de acordo com o autor, fora reduzido para 34. Nesta ocasião, Copérnico não apresentou demonstrações matemáticas, afirmando que as estava reservando para sua obra maior.

Entretanto o Livro das Revoluções ainda teria que esperar muito para ser publicado. A demora e as recusas de Copérnico não eram devidas ao temor de uma perseguição religiosa¹. Se durante anos relutou em tornar pública suas idéias era porque temia não ser capaz de prová-las e defendê-las.

Copérnico (1473 – 1543) teve no jovem discípulo Jorge Joaquim Rético (1514 – 1576) seu grande incentivador, responsável por minar aos poucos as defesas do mestre e garantir a publicação de sua grande obra.

¹ Vale lembrar que esta obra só foi parar no Índice da Igreja Católica 73 anos após ter sido publicada.

Como primeira tentativa, Rético propôs escrever uma síntese do manuscrito (***Narratio prima***) sem que o nome de Copérnico fosse mencionado. Anos mais tarde, ele mesmo supervisionou a impressão do ***De Revolutionibus Orbitum Coelestium***, publicado no ano da morte de Copérnico.

Impossibilitado de acompanhar os trabalhos até o fim, Rético deixa a cargo de Andreas Osiander (1498 – 1552) a supervisão da impressão. Assim que assume, Osiander escreve um prefácio anônimo, justificando a proposta do livro como sendo apenas uma hipótese matemática. Koestler (1989) revela que tal atitude representou um dos maiores escândalos da História da Ciência e contribuiu para adiar as discussões sobre a obra de Copérnico.

“AO LEITOR

SOBRE AS HIPÓTESES DESTE TRABALHO

Visto que a novidade das hipóteses deste trabalho já foi amplamente divulgada, não me resta dúvida de que alguns sábios se ofenderam bastante por declarar o livro que a terra se move e que o sol está em repouso, no centro do universo; acreditarão eles, com certeza, que as artes liberais, há muito estabelecidas em base correta, não devem ser atiradas à confusão. Mas se houverem por bem examinar cuidadosamente o assunto, verão que o autor deste trabalho nada fez que merecesse censura. Cabe ao astrônomo compor a história dos movimentos celestes mediante observação atenta e hábil. Depois, voltando-se para as causas desses movimentos ou hipóteses sobre eles, deve conceber e planejar, uma vez que lhe não é dado de modo nenhum atingir as verdadeiras causas, hipóteses que, aceitas, permitem sejam os movimentos calculados corretamente com os princípios da geometria, tanto para o futuro como para o passado. O autor cumpriu perfeitamente os dois deveres, pois tais hipóteses não têm de ser verdadeiras nem tampouco prováveis; bastará que forneça um cálculo coerente com as observações. Talvez haja alguém, que, ignorando a geometria e a óptica, considere provável o epiciclo de Vênus, ou julgue ser ele o motivo pelo qual Vênus umas vezes precede e outras segue o sol em quarenta graus e até mais. Há quem não perceba, com tal hipótese, que necessariamente se segue parecer o diâmetro do planeta no perigeu mais de quatro vezes, e o corpo do

*planeta mais de dezesseis vezes, maior do que no apogeu, resultado contrariado pela experiência de todos os tempos? **Neste estudo há outros absurdos não menos importantes** (grifo meu), que não apresentaremos no momento, visto ser evidente que as causas dos movimentos desiguais aparentes são total e simplesmente desconhecidas dessa arte. E se a mente imagina outras causas, como realmente muitas o são, não surgem para convencer quem quer que seja de que são verdadeiras, mas apenas para dar uma base correta de cálculo. Ora, quando, uma vez ou outra, se oferecem para o mesmo movimento diferentes hipóteses (como a excentricidade e um epiciclo para o movimento do sol), o astrônomo aceitará, acima das outras, a mais fácil de aprender. O filósofo talvez prefira indagar da aparência da verdade. Mas nenhum deles compreenderá nem afirmará nada de certo, salvo se lho tiverem revelado. Portanto, permitamos que essas novas hipóteses se tornem conhecidas com as velhas, que já não são prováveis; façamos assim, sobretudo porque as novas hipóteses são admiráveis e também simples e com elas trazem um enorme tesouro de habilíssimas observações. No que tange a hipóteses, não espere ninguém nada de certo da astronomia, que o não pode dar, a não ser que aceite como verdade idéias concebidas para outro fim, e, depois de tal estudo, fique mais tolo do que antes. Adeus.” (Texto completo do prefácio de Osiander. apud. Koestler, 1989, p. 394-5).*

Cohen (1967) destaca que o sistema copernicano tinha muitas semelhanças com o sistema ptolomaico, utilizando inclusive epiciclos e deferentes na descrição dos fenômenos². Tal necessidade surgiu uma vez que Copérnico não questionou a validade do movimento circular na trajetória dos corpos celestes, e assim alguns detalhes do movimento planetário não podiam ser explicados sem o auxílio de tais artifícios.

² · O anúncio preliminar de Copérnico no *Commentariolus* assinalava a necessidade de 34 esferas para descrever os movimentos celestes. Entretanto, no *De revolutionibus*, o autor viu-se obrigado a utilizar 48 esferas. Contrariando a crença popular, o sistema copernicano não reduziu o número de círculos. O modelo ptolomaico revisado por Peurbach no século quinze exigia 40 círculos e não 80, como afirmava Copérnico. (Cf. Koestler, 1989).

A grande inovação de Copérnico foi atribuir à Terra a mesma posição hierárquica ocupada pelos demais planetas, reservando ao Sol o centro do universo.³

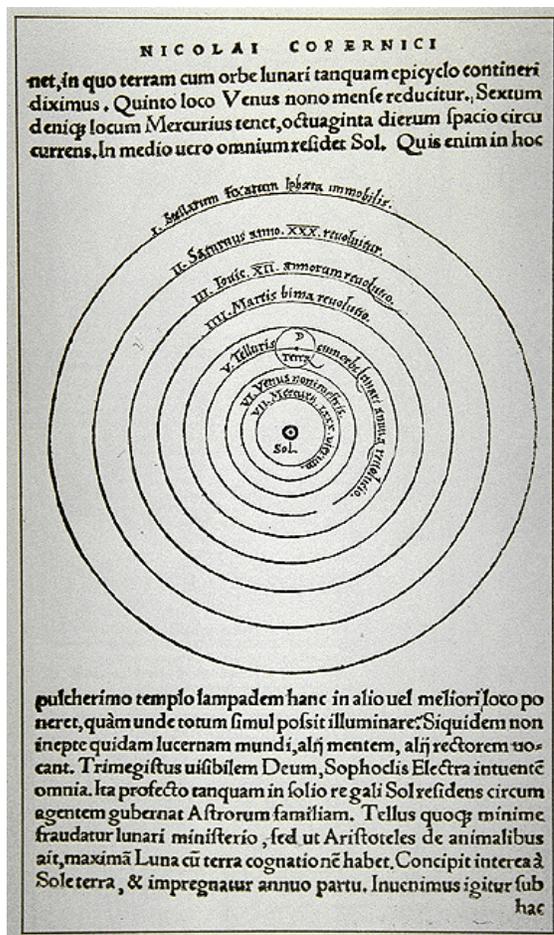
Entretanto, como afirma Martins (1994), não foi capaz de desenvolver a física que sua proposta de modelo heliocêntrico exigia, e *algumas de suas explicações sobre o movimento ainda são impregnadas com a noção aristotélica de lugar natural*.

Koyré (1979) assinala que apesar do mundo copernicano ser cerca de 2000 vezes maior comparado com o da Idade Média, ele ainda é finito e conserva as esferas celestes, inclusive a esfera das estrelas fixas que o delimita.

“A primeira e mais alta de todas é a esfera das estrelas fixas, que tudo contém e se contém a si própria; e que, por isso mesmo, é imóvel. É seguramente o lugar do Universo a que se referem o movimento e a posição de todos os outros astros. Porque, se alguns pensam que ela também se move de algum modo, nós pelo contrário [não o admitimos] e, quando da dedução do movimento terrestre, mostraremos a causa pela qual ele aparece assim. Segue o primeiro dos planetas, Saturno, que completa o seu circuito em trinta anos. Depois dele, Júpiter, que completa a sua revolução em doze anos. Em seguida, Marte fá-la em dois anos. O quarto na série é ocupado pela revolução anual da orbe, na qual está contida a Terra com a orbe da lua. Em quinto lugar, Vênus, que regressa em nove meses. Enfim, o sexto lugar é ocupado por Mercúrio, que volta num espaço de oitenta dias. E no meio de todos repousa o Sol. Com efeito, neste tempo esplêndido, quem colocaria então esta luminária num lugar diferente, ou melhor, do que aquele de onde ele pode iluminar tudo ao mesmo tempo? Ora, na verdade, não foi imprópriamente que alguns lhe chamaram a pupila do mundo, outros, Espírito [do mundo], outros enfim o seu Reitor”. (Copérnico, De revolutionibus orbium coelestium, apud. Koyré, 1979, p.39).

³ O centro das órbitas dos planetas no sistema copernicano era na verdade o centro da órbita da Terra ou um “Sol médio”. (Cohen, 1967, p. 137). Para Koestler (1989), o sistema copernicano é “vácuocêntrico”.

FIGURA 20: O universo copernicano ⁴



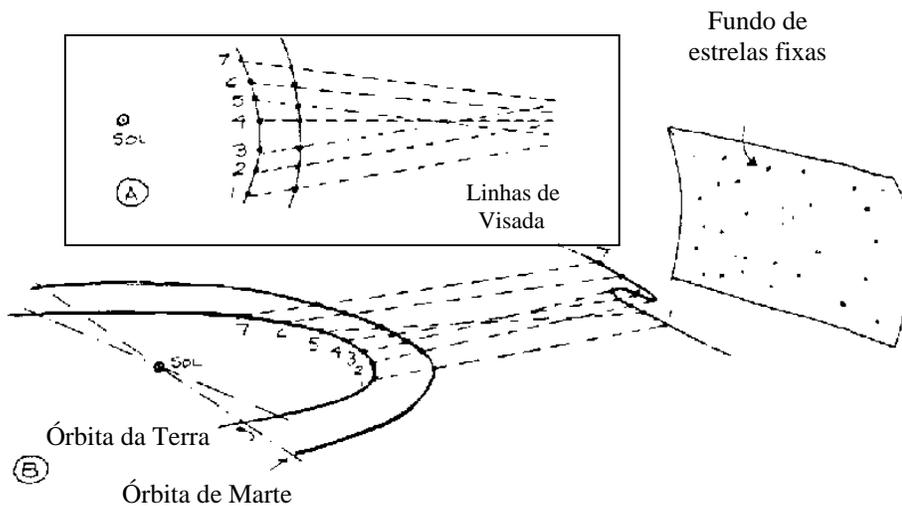
4.9 - Problemas resolvidos pelo heliocentrismo

- a) A nova abordagem permitiu à Copérnico explicar o movimento aparente da Lua, Sol, estrelas e planetas a partir do giro diário da Terra em torno de seu eixo.
- b) O movimento retrógrado dos planetas era facilmente explicado, pois como cada planeta possui um período de revolução diferente - que será maior quanto

⁴ Extraído de http://es.rice.edu:80/ES/humsoc/Galileo//Things/copernican_system.html (04/03/1999).

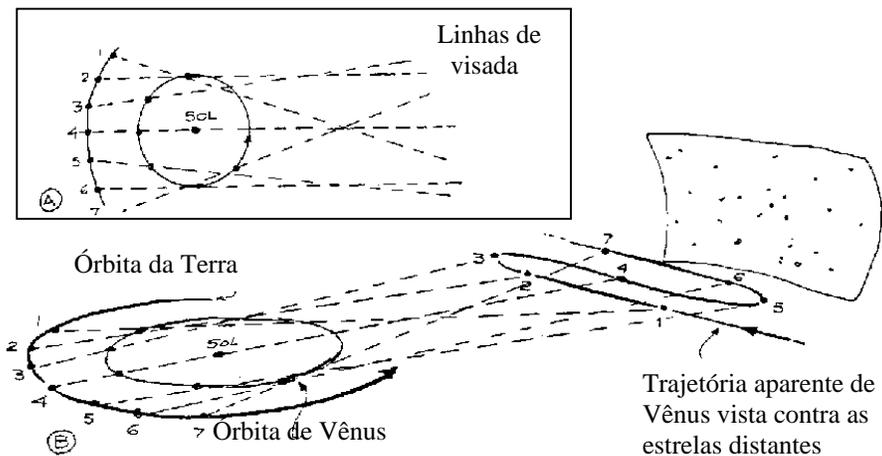
mais distante estiver do Sol – o movimento retrógrado torna-se um movimento aparente causado pela diferença nas velocidades e, como isso ocorre quando o planeta está mais próximo da Terra, seu brilho é mais intenso.

FIGURA 21: No sistema de Copérnico, o movimento retrógrado aparente dos planetas tem uma explicação simples: é uma questão de velocidades relativas. Aqui as linhas de visada mostram porque um planeta superior, mais afastado do Sol do que a Terra, parece inverter o sentido do seu movimento. Ele viaja ao redor do Sol mais lentamente que a Terra.



FONTE: Figura e texto extraídos de Cohen (1967, p. 43).

FIGURA 22: O movimento retrógrado de um planeta inferior, cuja órbita se acha entre a Terra e o Sol, é também prontamente explicado com as linhas de visada. Vênus viaja ao redor do Sol mais rapidamente que a Terra.



FONTE: Figura e texto extraídos de Cohen (1967, p. 44).

c) O sistema copernicano permite obter a seqüência correta do afastamento dos planetas a partir do Sol.

Apesar de representar um forte concorrente ao geocentrismo ptolomaico, o heliocentrismo de Copérnico ainda sofreria fortes objeções.

- 1) A mobilidade de nosso planeta contraria os sentidos;
- 2) A física aristotélica era um sistema completo que foi desenvolvido para um universo cujo centro – a Terra – estivesse em repouso. Isto significa que aceitar o sistema copernicano implicaria em romper definitivamente com a física aristotélica, *uma nova física seria necessária para explicar fenômenos em uma Terra em movimento.*

“A Terra dá uma volta em torno do seu eixo uma vez a cada vinte e quatro horas. No equador, a circunferência da Terra é de aproximadamente 40.212 quilômetros e, assim, a velocidade de rotação de um observador no equador da Terra é de 1676 quilômetros por hora,

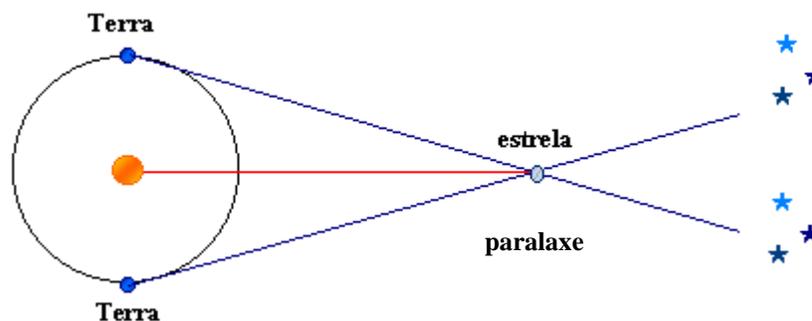
isto é uma velocidade linear de cerca de 465 metros por segundo. Imagine-se a seguinte experiência: Uma pedra é atirada em linha reta para cima, no ar. O tempo durante o qual ela se eleva é de, digamos, dois segundos, enquanto igual tempo é gasto para a descida. Durante quatro segundos a rotação da Terra terá movido o ponto do qual o objeto foi lançado a uma distância de uns 1 800 metros. Mas a pedra não atinge a Terra a essa distância do ponto inicial; ela atinge a Terra muito próximo do ponto do qual foi arremessada. Perguntamo-nos: como pode isto ser possível? Como pode estar a Terra girando com esta respeitável velocidade de 1676 quilômetros por hora, e todavia não ouvirmos o vento assobiar à medida que a Terra deixa o ar para trás? Ou, para aceitar uma das outras objeções clássicas à idéia de uma Terra em movimento, consideremos um pássaro empoleirado no galho de uma árvore. O pássaro vê um verme na Terra e deixa a árvore. Nesse ínterim, a Terra vai girando nessa veloz marcha, e o pássaro, embora batendo as asas tão fortemente quanto possa, nunca atingirá velocidade suficiente para alcançar o verme, a menos que esteja este localizado a oeste. Mas é um fato confirmado que os pássaros voam das árvores à terra e comem vermes que se acham tanto a leste como a oeste". (Cohen, 1967, p.9).

Além disso, aceitar que a Terra é apenas mais um planeta significava eliminar a divisão entre céu e terra, perfeição e corrupção.

- 3)** O movimento de rotação, de acordo com os críticos seria responsável pela destruição de nosso planeta, expulsando inclusive todos os corpos de sua superfície, devido à ação do que mais tarde viria a ser denominado de 'força centrífuga'.
- 4)** Um forte argumento contra o heliocentrismo era a ausência de paralaxe estelar. Se a Terra orbita em torno do Sol, por que não se podem observar mudanças na posição relativa das estrelas? Tal efeito só seria facilmente

observado para objetos próximos e naquele momento era inconcebível que as estrelas, mesmo as que estão mais próximas de nosso planeta, estivessem tão distantes que impedissem a observação de tal efeito a olho nu.

FIGURA 23: Paralaxe anual de uma estrela.



FONTE: Adaptado de Rival (1997, p. 70).

- 5) O sistema heliocêntrico ainda esbarrava em questões de ordem teológica. Entretanto não foi este fato que motivou a demora na publicação do sistema copernicano, visto que a Inquisição só é instaurada com o Concílio de Trento (1545 – 1563) e o *De Revolutionibus Orbium Coelestium* só foi proibido pela igreja em 1616 (Cf. Peduzzi, 1998).

O rompimento com as idéias aristotélicas sobre o movimento que dominavam o cenário científico começava a ser delineado. Até então, a explicação para o movimento dos corpos contava com a Terra estacionária no centro do universo, que seria o lugar natural dos graves.

Copérnico explica a queda de um corpo em direção ao solo como sendo ainda um movimento natural, fruto de uma propriedade denominada gravidade que não é uma característica particular da Terra.

“Parece-me que a gravidade não passa de uma inclinação natural concedida às partes dos corpos pelo Criador a fim de combinar as partes no formato de uma esfera e contribuir assim, para a sua unidade e integridade. E podemos crer que tal propriedade está presente também no Sol, na Lua e nos planetas, de modo que com isso retém o seu formato esférico não obstante a variedade de caminhos” (Koestler, 1989, p.131).

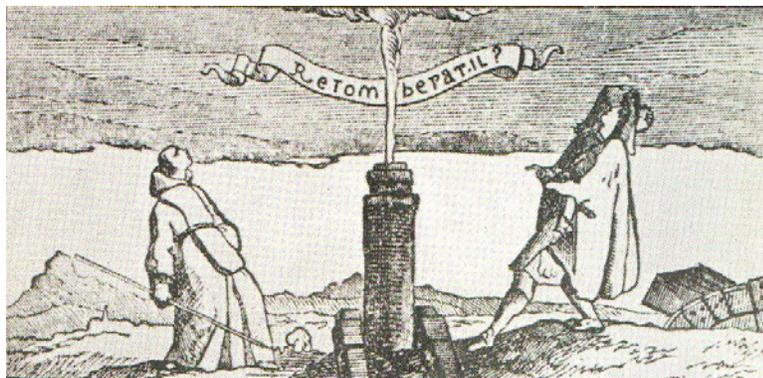
A partir das idéias de Copérnico, e posteriormente, com o trabalho dos articuladores do paradigma, uma nova física começa a ser gestada.

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

“(…) A grandeza de Copérnico está, não tanto no sistema que ele propôs, como no fato de que o sistema que propôs pôde gerar a grande revolução na Física que nós associamos a nomes como os de Galileu, Johannes Kepler e Isaac Newton”. (Cohen, 1967, p.58).

1. A partir da leitura dos textos sugeridos para esta atividade, posicione-se criticamente sobre o trecho acima.
2. O prefácio de Andreas Osiander parece refletir uma postura essencialmente instrumentalista diante do conhecimento científico, ou seja, não importa a veracidade de uma teoria, desde que seja útil na descrição e previsão dos fenômenos observados. Como vimos anteriormente, esta também foi a tônica do modelo ptolomaico. Discuta as implicações desta atitude.
3. Vimos anteriormente que uma das dificuldades geradas pela admissão do movimento da Terra era a explicação da queda dos corpos em sua superfície. Na figura abaixo, um aristotélico diria que a bala de canhão cai aproximadamente no local em que foi lançada pois esta é a tendência natural dos graves em uma Terra em repouso. Como tal movimento pode ser explicado?

FIGURA 24 : “Voltará a cair?” Esta velha gravura em madeira, extraída da correspondência de René Descartes, ilustra uma experiência proposta pelo Padre Mersenne, contemporâneo e amigo de Galileu, para verificar o comportamento dos corpos que caem.



FONTE: Cohen (1967).

SUGESTÃO DE LEITURA DE TEXTO COMPLEMENTAR

A articulação do novo paradigma: o início de um longo caminho

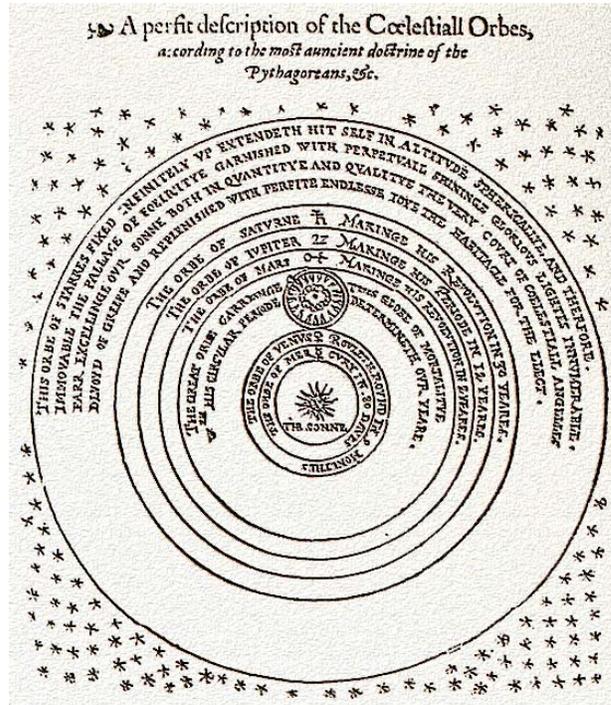
Como vimos, durante a Idade Média a filosofia aristotélica foi redescoberta na Europa e adicionada à teologia medieval. O conhecimento Grego de origem pagã inicialmente perseguido, transformou-se em dogma da igreja. A superação do paradigma aristotélico-ptolomaico não representava apenas um problema científico, mas também religioso.

Após a publicação do *De revolutionibus orbitum coelestium* – que permaneceu esquecido até o final do século XVI – outros trabalhos ajudaram a edificar o heliocentrismo, provocando a revolução (gradual) que substituiu definitivamente as idéias aristotélicas.

Thomas Digges (1545 a 1595), seguidor das idéias copernicanas, em sua obra ***A Perfit Description of the Coelestiall Orbes*** (1576) apresenta uma tradução em inglês de parte do *De revolutionibus orbitum coelestium*. Digges mergulha o sistema copernicano em um mar de infinitas estrelas.

“[...] foi o primeiro copernicano que substituiu a concepção do seu mestre, a de um mundo fechado, pela de um mundo aberto, e que na sua descrição, onde oferece uma tradução bastante boa, ainda que um pouco livre, da parte cosmológica do De revolutionibus orbitum coelestium, aí estabeleça algumas associações admiráveis. Assim, ao falar da orbe de Saturno, ele informa-nos que esta orbe é “de todas as outras a mais próxima dessa orbe infinita imóvel ornada de luzes inumeráveis” que ele substitui à esfera das estrelas fixas de Copérnico. Seguidamente, substitui o diagrama do mundo de Copérnico por um outro diagrama, no qual as estrelas estão colocadas sobre toda a página, acima e abaixo da linha pela qual Copérnico representava a ultima sphaera mundi”. (Koyré, 1979, p.42).

FIGURA 25: O universo de Thomas Digges ⁵



Outra figura importante neste processo foi o dinamarquês Tycho Brahe (1546 a 1601), que apesar de não aceitar o heliocentrismo acabou contribuindo para o seu estabelecimento. Com o apoio do rei Frederico II, Tycho montou na ilha de Hveen seu observatório de Uraniborg⁶ onde obteve as medidas astronômicas mais precisas sem o auxílio do telescópio. Seus instrumentos (de grandes proporções) permitiram-lhe determinar detalhes do movimento planetário.

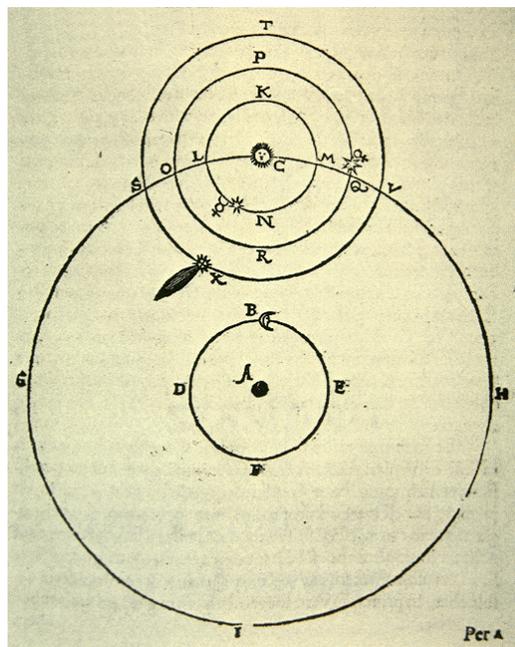
O sistema de mundo proposto por Tycho é híbrido, buscando combinar as vantagens dos sistemas geo e heliocêntrico. O resultado é um modelo em que o Sol e a Lua movem-se em torno da Terra, que também é o centro da esfera das

⁵ Extraído de http://es.rice.edu:80/ES/humsoc/Galileo//Things/copernican_system.html (04/03/1999).

⁶ “A aldeia do céu”. (Maury, 1997, p. 39).

estrelas fixas. Porém os demais planetas conhecidos (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) orbitam em torno do Sol.

FIGURA 26: O universo de Tycho Brahe ⁷



Os dados obtidos a partir das observações de Marte foram especialmente importantes, pois possibilitaram a Kepler desenvolver sua formulação das leis do movimento planetário e romper com a hegemonia do círculo na descrição dos movimentos.

ATIVIDADE 6: AS ELIPSES DE KEPLER.

⁷ Extraído de http://es.rice.edu:80/ES/humsoc/Galileo/Things/copernican_system.html (05/03/1999).

Justificativa:

Nesta atividade, estaremos propondo uma reflexão acerca da concepção kepleriana de atração entre corpos e sua rejeição ao dogma do movimento circular.

A discussão deverá proporcionar uma visão (ainda que parcial) de como a evolução dos modelos de mundo inclui diferentes formas de explicação para a atração gravitacional.

Koyré (1973) assinala que o universo de Kepler, apesar de finito, é uma estrutura homogênea e geometrizada, onde todos os espaços são equivalentes. Tal noção contraria a doutrina aristotélica que distingue entre corpos “leves” e “pesados”, atribuindo-lhes movimentos naturais em direções preferenciais, de acordo com suas características.

A concepção kepleriana também se distingue da noção defendida por Copérnico, de que a gravidade deve ser uma tendência a unir corpos no formato esférico. Ela inclui uma mútua atração entre corpos.

“Uma pedra não tende para a Terra, mas é atraída por ela e a atrai também; a Terra atrai a Lua, que por sua vez atrai a Terra”.(Koyré 1973: 194).

QUADRO 6: Planejamento da atividade 6.

CAMPOS ORIENTADORES

ATIVIDADE 6	Conhecimento científico/epistemológico	Habilidades cognitivas/reflexão	Habilidades sociais/comunicação	Seqüência instrucional (Conversaão avaliativa)
As elipses de Kepler.	<p>Concepção kepleriana de atração entre corpos.</p> <p>Rompimento com o “dogma” do movimento circular.</p>	<p>Análise, argumentação e síntese das idéias principais.</p>	<p>Comunicar e discutir as idéias.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada.

TEXTO 9

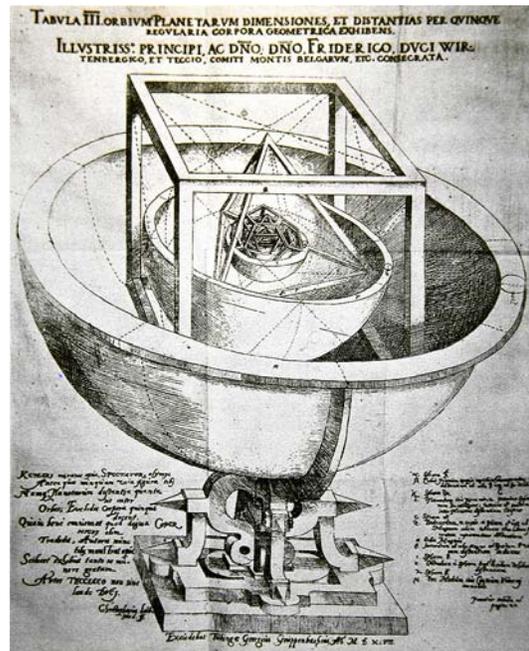
As elipses de Kepler

Johannes Kepler (1571 – 1630) foi o responsável pelo fim da separação entre a física e a astronomia. Até então os modelos cosmológicos possuíam um caráter meramente descritivo, sem que houvesse um questionamento sobre as causas físicas dos eventos.

Como um pitagórico, Kepler acreditava em um universo organizado e regido por uma harmonia matemática. Em seu livro ***Mysterium Cosmographicum*** (1596) ele apresenta um modelo que pretendia explicar as distâncias planetárias a partir dos sólidos regulares perfeitos. À Kepler parecia claro: só existiam 6 planetas (até então conhecidos: Terra, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) pois eram em número de cinco os sólidos (tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro) capazes de descrever as distâncias entre eles.

Em sua argumentação, Kepler baseou-se na suposição de que a órbita de um determinado planeta circunscreve um sólido, que por sua vez, inscreve outra órbita planetária.

FIGURA 27: O modelo de Kepler para explicar as distâncias relativas dos planetas ao Sol no sistema copernicano.⁸



Devido ao talento matemático demonstrado neste trabalho, Kepler foi convidado por Tycho Brahe para trabalhar em seu observatório em Uraniemburgo em 1600, recebendo a incumbência de determinar a órbita de Marte. Com a morte de Tycho em 1601, Kepler herda⁹ os dados observacionais mais precisos já realizados sem o auxílio do telescópio.

Peduzzi (1998) assinala que Kepler era copernicano, o que implica que não foi uma tarefa das mais simples atender o pedido de Tycho para ajustar os dados disponíveis ao modelo tychoniano (figura 6.26). Após inúmeras tentativas sem sucesso, Kepler decide buscar no sistema de Copérnico a concordância entre teoria e dados. O máximo que pôde obter neste trabalho foi um ajuste que diferia em apenas 8' de ângulo. Um excelente resultado para a época, mas Kepler sabia que a precisão dos dados obtidos por Tycho era da ordem de 4' de ângulo. A partir

⁸ Extraído de: <http://es.rice.edu:80/ES/humsoc/Galileo/People/kepler.html> (23/04/1999).

⁹ “Confesso que quando Tycho morreu me vali imediatamente da ausência, ou falta de circunspecção, dos herdeiros, para apoderar-me das observações, ou talvez para usurpá-las[...]” (Trecho de uma carta escrita por Kepler a um de seus admiradores em 1605. apud Koestler, 1989, p. 238).

de tal constatação, existiam dois caminhos a seguir: rejeitar o modelo teórico ou os dados observacionais.

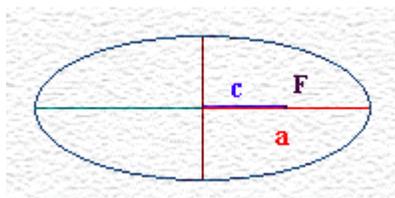
“Enquanto a cosmologia se guiou por regras puramente geométricas do jogo, sem levar em consideração as causas físicas, as discrepâncias entre a teoria e o fato puderam ser superadas pela inserção de outra roda no sistema. Num universo movido por forças reais, físicas, tal coisa já não é possível. A revolução que libertou o pensamento da sufocação do velho dogma criou imediatamente uma disciplina própria e rigorosa”. (Koestler, 1989, p.221).

Confiando plenamente nos dados disponíveis, ele conclui ser impossível descrever as órbitas planetárias a partir de círculos perfeitos. Mas qual deveria ser a verdadeira forma da trajetória descrita pelos planetas?

(...) Kepler deu por fim o passo revolucionário de rejeitar inteiramente os círculos, experimentando uma curva oval, e finalmente a elipse. Para apreciar quão revolucionário era na realidade esse passo, lembremos de que tanto Aristóteles como Platão insistiram em que as órbitas planetárias tinham que ser combinadas a partir de círculos, e que este princípio era lugar comum, tanto no Almagesto de Ptolomeu quanto no De Revolutionibus de Copérnico (Cohen, 1967, p.146).

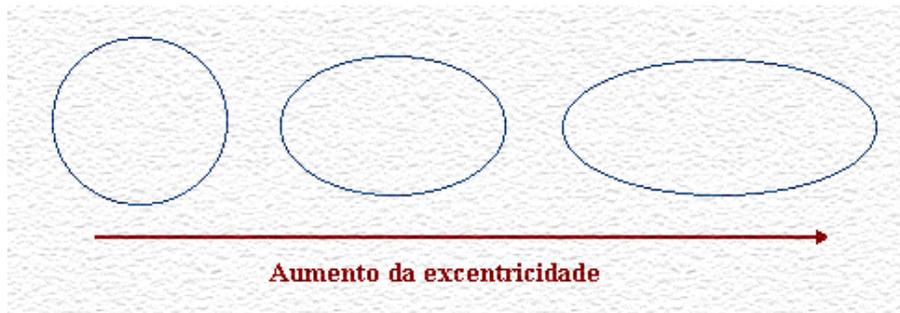
As órbitas da maioria dos planetas são elipses com valores de excentricidade tão pequenos que, à primeira vista, confundem-se com círculos. A excentricidade ($e = c/a$) de uma elipse define seu grau de “achatamento” e varia entre zero (para o círculo) e 1 (um).

FIGURA 28: (a) Esquema geral de uma elipse. (b) Conseqüência do valor da excentricidade para o formato da elipse.¹⁰



(a)

¹⁰ Figura 21(b) extraída de: <http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/kepler.html> (23/04/1999).

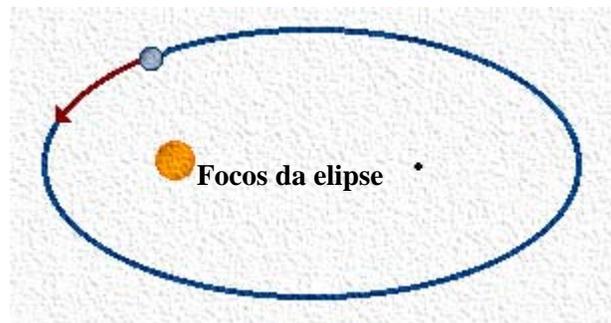


(b)

As leis do movimento planetário

Primeira lei: As órbitas dos planetas são elipses, com o Sol localizado em um dos focos.

FIGURA 29: Representação de uma órbita elíptica.



Segunda lei: A linha que une o planeta ao Sol “varre” áreas iguais em tempos iguais. Isto implica que ele caminha com maior velocidade no periélio do que no afélio.

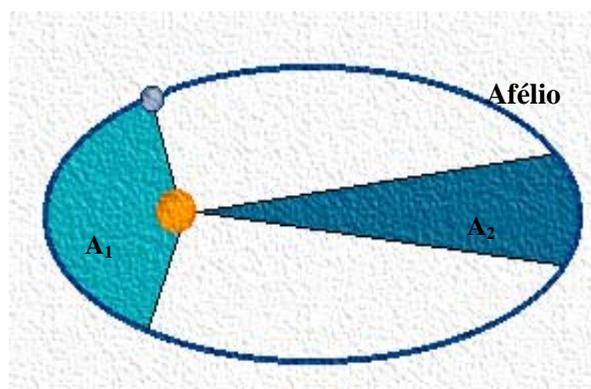


FIGURA 30: Para um mesmo intervalo de tempo, os valores das áreas A_1 e A_2 , seriam iguais.

Periélio
As duas primeiras leis de Kepler foram publicadas em 1609 em seu livro “Nova Astronomia”. A terceira lei só foi divulgada em 1618 na obra “A Harmonia do Mundo”.

Ao perceber que as velocidades orbitais dos planetas decresciam com o aumento da distância ao Sol, com o aumento dos períodos de revolução, Kepler buscou encontrar uma relação entre tais grandezas. A terceira lei relaciona os períodos de revolução dos planetas às suas distâncias médias ao Sol.

Terceira lei: Os quadrados dos tempos de revolução de quaisquer dois planetas ao redor do Sol são proporcionais aos cubos das suas distâncias médias ao Sol.

$$\frac{D^3}{T^2} = K$$

“A significação desta terceira lei é que ela é uma condição necessária isto é, ela afirma que em qualquer sistema de satélites é impossível estes se moverem com qualquer velocidade a qualquer distância. Uma vez escolhida a distância, está determinada a velocidade. No nosso sistema solar esta lei implica em que o Sol fornece a força que governa, que mantém os planetas movendo-se como fazem” (Cohen, 1967, p.151).

Koestler (1989) afirma que as leis de Kepler foram as primeiras “leis naturais” no sentido moderno, contendo afirmações verificáveis sobre relações universais governando fenômenos particulares, expressas em termos matemáticos.

Kepler esteve muito perto do descobrimento da gravitação universal. Koestler (1989) assinala que na introdução da **Astronomia Nova** há uma tentativa de demolição da doutrina aristotélica de serem os corpos, por natureza, “pesados” ou “leves” em busca de um lugar natural.

“Logo, é claro que a doutrina tradicional acerca da gravidade está errada (...) A gravidade é a tendência corpórea mútua entre corpos cognatos (isto é, materiais) para a unidade ou contato de cuja espécie é também a força magnética, de modo que a

*Terra atrai uma pedra muito mais do que uma pedra atrai a Terra (...) Supondo que a Terra estivesse no centro do mundo, os corpos pesados seriam atraídos, não por estar ela no centro, mas por ser um corpo cognato [material]. Segue-se que, independentemente de onde colocarmos a Terra (...) os corpos pesados hão de procurá-la sempre (...) Se duas pedras fossem colocadas em qualquer lugar do espaço, uma perto da outra, e fora do alcance da força de um terceiro corpo cognato, unir-se-iam, à maneira dos corpos magnéticos, num ponto intermediário, aproximando-se cada uma da outra em proporção à massa da outra. Se a Terra e a Lua não estivessem mantidas nas respectivas órbitas por uma força espiritual ou qualquer outra força equivalente, a Terra subiria em direção à Lua um cinqüenta e quatro avos da distância, cabendo à Lua descer as restantes cinqüenta e três partes do intervalo, e assim se uniriam. Mas o cálculo pressupõe terem os corpos a mesma densidade. Se a Terra cessasse de atrair as águas do mar, os mares se ergueriam e iriam ter à Lua (...) Se a força de atração da Lua chega até a Terra, segue-se que a força de atração da Terra, com maior razão, vai até a Lua e ainda mais longe (...) Nada do que é feito de substância terrestre é inteiramente leve; mas a matéria menos densa, quer por natureza quer pelo calor, é relativamente mais leve[...] Da definição da leveza segue-o o seu movimento, pois não devemos crer que, uma vez erguida, escape para a periferia do mundo, ou que não seja atraída pela Terra. É simplesmente menos atraída do que a matéria pesada, e, portanto, deslocada pela matéria mais pesada, de modo que vem a ficar em repouso e é mantida no lugar pela Terra (...)” (Kepler, *Astronomia Nova*. apud. Koestler, 1989, p.232)*

Peduzzi (1998) explica que, ao tentar explicar as causas do movimento planetário, Kepler sofreu a influência das idéias do físico inglês William Gilbert (1540 – 1603) que em 1600 publica ***De Magnete***, sua principal obra sobre o magnetismo.

Para Gilbert, nosso planeta era um imenso ímã e a queda dos corpos podia ser explicada pela ação de uma força magnética exercida pela Terra sobre os objetos. Além disso, também assinala que a ação entre dois ímãs é recíproca, ou seja, não é apenas o corpo maior que atrai o menor.

Dessa forma, Kepler

[...] supôs que o Sol emitia eflúvios magnéticos que, à semelhança dos raios de uma roda, giravam com ele no plano de rotação dos planetas. Essas emanações magnéticas os impeliam em seus cursos devido a forças tangenciais”. (Manson, 1962, p. 154 –5, apud. Peduzzi, 1998, p. 393).

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

1. A concepção kepleriana de atração gravitacional pode ser interpretada como ação à distância? Explique.
2. Em que sentido pode-se afirmar que Kepler inaugura uma nova era na história do pensamento e transforma-se no “primeiro fazedor de leis da natureza” ¹¹?

ATIVIDADE 7: A FÍSICA DE GALILEU.

Justificativa:

Nesta atividade, estaremos propondo uma reflexão sobre alguns aspectos da física de Galileu, especialmente sobre sua explicação para a queda dos corpos, que o inclui na história da Gravitação.

¹¹ Koestler, 1989, p. 221.

ATIVIDADE 7	Conhecimento científico/epistemológico	Habilidades cognitivas/reflexão	Habilidades sociais/comunicação	Seqüência instrucional (Conversaão avaliativa)
A física de Galileu.	Explicação de Galileu para a queda dos corpos. Noção de inércia circular.	Análise, argumentação e síntese das idéias principais.	Comunicar e discutir as idéias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada.

QUADRO 7: Planejamento da atividade 7.

CAMPOS ORIENTADORES

TEXTO 10

Algumas considerações sobre a física de Galileu

Em seus estudos preliminares sobre o movimento, Galileu sofreu a influência da física do *ímpetus*. Sua análise revela que

“(...) quando um projétil é arremessado verticalmente para cima ele sobe porque a força (ímpetus) que lhe foi impressa é maior do que o seu peso natural. À medida que o projétil continua subindo esta força vai diminuindo, gradativamente, até chegar a um ponto da trajetória em que ela não possa mais sobrepujar a tendência natural do projétil. A partir daí, inicia-se a sua queda. Durante a mesma, a força impressa ao projétil continua diminuindo. Com isso, a tendência natural do projétil sobrepuja a força impressa, o que explica a sua aceleração. A partir do momento em que a força impressa se anula, o projétil se move com velocidade constante”. (Peduzzi, 1998, p.359).

Se, por outro lado, um corpo lançado para cima ficar retido em um anteparo, a força que lhe foi impressa de alguma forma se conserva. Isto implica que, ao ser solto, o corpo ganha novos incrementos de velocidade até que a força tenha se esvaído e a velocidade final do corpo permaneça constante.

Peduzzi (1998) ressalta que Galileu buscou inspiração na hidrostática de Arquimedes para relacionar a velocidade de deslocamento de um corpo em um dado meio com o peso específico de ambos. Para isto, utilizou a relação de Filoponos

$$V \propto (F - R)$$

e relativizou os conceitos de leve e pesado.

“Um pedaço de madeira, por exemplo, quando solto no ar cai (por ser pesado), mas quando imerso em água e depois solto se eleva (por ser leve)”. (Peduzzi, 1998, p. 360).

Como saber então qual será o sentido do movimento de um corpo em um dado meio? ¹²

Para iguais volumes de um corpo de peso P_c e de um meio de peso P_m , os quocientes P_c/V e P_m/V correspondem respectivamente, aos pesos específicos do corpo ρ_c , e do meio, ρ_m . Se $\rho_c > \rho_m$, o corpo desce no meio; se $\rho_c < \rho_m$, o corpo sobe. (Cf. Peduzzi, 1998)

Dessa forma, a relação de Filoponos para o movimento torna-se:

$$V \propto (\rho_c - \rho_m)$$

Se considerarmos, por exemplo, a razão entre as velocidades de dois corpos de mesmo volume e pesos específicos diferentes, teremos:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{P_1/V - P_m/V}{P_2/V - P_m/V}$$

Da equação acima resulta que se dois corpos de mesmo tamanho e materiais diferentes forem abandonados de uma certa altura em um mesmo meio, o mais pesado chega ao solo primeiro. Tais discussões reforçam a tese de que os experimentos supostamente realizados na torre de Pisa não passam de lenda, visto que o próprio Galileu sabia que apenas os corpos constituídos de mesmo material cairiam *aproximadamente* ao mesmo tempo e que dois corpos quaisquer cairiam juntos apenas em uma situação ideal, ou seja, no vácuo.

Sua análise da queda dos corpos está permeada pela crença no princípio de que a natureza age sempre com um mínimo esforço.

¹² Peduzzi (1998) salienta a ruptura com as idéias aristotélicas promovida por Galileu. Sob esta nova perspectiva não há movimento natural para cima, ou seja, nenhum corpo se eleva espontaneamente. Se um determinado corpo sobe é porque é empurrado por outro mais pesado do que ele. O único movimento natural que Galileu reconhece é o dos corpos pesados (para baixo), e todos o são, inclusive o fogo e o ar.

“Quando (...) observo uma pedra, inicialmente em repouso, caindo de uma posição elevada e continuamente adquirindo novos incrementos de velocidade, por que não hei de acreditar que tais aumentos ocorram de maneira que é extremamente simples e óbvia para qualquer pessoa? Se agora examinarmos a matéria cuidadosamente, não achamos adição ou incremento mais simples do que aquele que se repete sempre do mesmo modo”. (Galileu, Diálogos relativos às Duas Novas Ciências. apud. Cohen, 1967, p. 97).

Ou seja, Galileu concebe o movimento de queda de um corpo como sendo uniformemente acelerado, de forma que em tempos iguais, o corpo adquire iguais acréscimos de velocidade.¹³ Havia, entretanto uma forte limitação para que tal suposição pudesse ser confirmada, já que Galileu não dispunha de condições para realizar medidas diretas de velocidade.

Ao considerar uma mudança uniforme na velocidade, alguns estudiosos no século XIV, discutiram o que ficou conhecido como “a regra da velocidade média”.¹⁴ Ela estabelece que a distância percorrida por um corpo em um movimento uniformemente acelerado, durante um certo intervalo de tempo, é exatamente a mesma que seria verificada se o corpo estivesse sujeito a um movimento uniforme, cuja velocidade fosse a média aritmética das velocidades inicial e final alcançadas no movimento acelerado.

Foi Nicolau Oresme (1323 – 1382), quem primeiro produziu uma demonstração geométrica desse teorema que foi posteriormente utilizada por Galileu para provar sua lei, que relaciona a distância ao tempo percorrido no movimento acelerado.

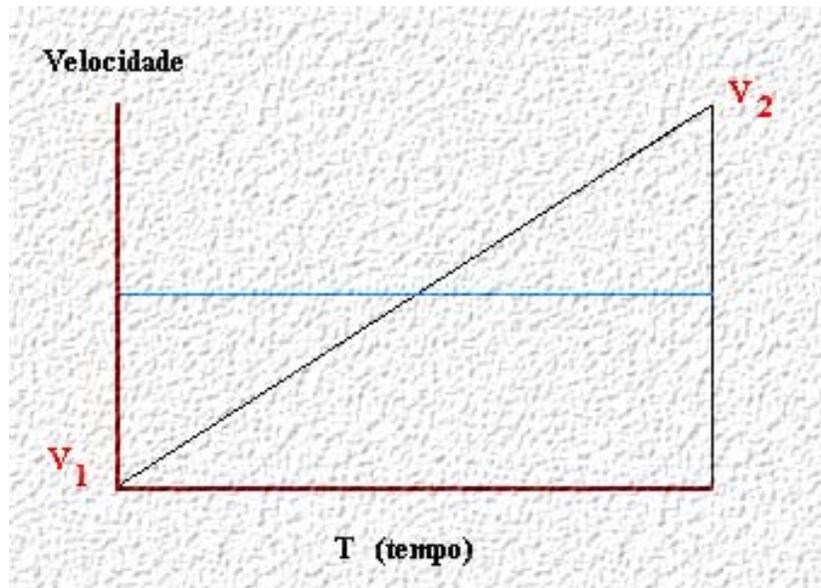
Oresme admitiu que a área sob o gráfico da velocidade em função do tempo representaria a distância percorrida pelo corpo. Para o movimento uniformemente acelerado, a apresentação seria uma linha inclinada, e para o movimento uniforme, uma linha reta paralela ao eixo dos tempos.

Esta situação está ilustrada na figura abaixo:

¹³ $a = \Delta v / \Delta t$, onde a razão $\Delta v / \Delta t$ é constante.

¹⁴ Cf. Cohen, 1967, p. 110.

FIGURA 31: Representação geométrica dos movimentos com velocidade constante (retângulo) e aceleração constante (triângulo retângulo).



FONTE: Adaptado de Cohen (1967, p. 111).

A área sob a primeira curva seria a de um triângulo:

$$\frac{1}{2} t \times v_2 = d$$

A área sob a segunda seria a do retângulo:

$$t \times \frac{1}{2} v_2 = d$$

As áreas, e portanto, as distâncias percorridas, seriam iguais.

Se a velocidade de um corpo que parte do repouso e se desloca com aceleração constante é proporcional ao tempo do movimento ($v \propto t$), da análise acima resulta que $d \propto t^2$.

Para o estudo da queda dos corpos Galileu resolveu utilizar um plano inclinado, pois compreendia que uma verificação direta não seria suficientemente precisa.

FIGURA 32: Plano inclinado do início do século XIX usado para confirmar a lei de queda dos corpos formulada por Galileu.¹⁵



Mantendo fixo o ângulo de inclinação, Galileu mediu os tempos de queda de uma esfera para diferentes distâncias percorridas e, após inúmeras repetições, obteve a proporcionalidade distância - tempo ao quadrado.

No trecho abaixo, Galileu descreve a situação experimental:

“Tomou-se uma tábua de madeira, com cerca de doze cúbitos¹⁶ de comprimento, meio cúbito de largura e três dedos de espessura; na sua face cortou-se um canal com pouco mais de um dedo de altura; feito o entalhe tão retilíneo quanto possível, liso e polido, e tendo-se revestido o mesmo com pergaminho, também tão suave e polido quanto possível, fez-se rolar ao longo dele uma esfera pesada de bronze, perfeitamente redonda e de superfície suave. Colocado o conjunto numa posição inclinada, elevando-se uma das extremidades cerca de um ou dois cúbitos em relação à outra, fizemos rolar a bola, como dizia, ao longo do canal, anotando, da maneira que vamos descrever, o tempo necessário para a descida. A experiência foi repetida várias vezes, de modo a medir o tempo com uma precisão tal que a diferença entre dois valores correspondentes a duas experiências nunca excedesse um décimo do batimento do pulso. Tendo realizado esta operação e tendo nos assegurado da sua fiabilidade, fizemos rolar a esfera apenas um quarto do comprimento do canal; e tendo medido o

¹⁵ Extraído de <http://galileo.imss.firenze.it/museo/4/eiv13.html> (18/07/1999).

¹⁶ Um cúbito equivalia a cerca de 45 a 50 cm (Nussenzveig, 1997).

tempo de descida, verificamos que era exatamente metade do primeiro. A experiência foi então repetida para outras distâncias, comparando o tempo de descida total com o de metade da descida, ou com o de dois terços, ou com o de três quartos ou, na verdade, com o de qualquer outra fração; em tais experiências, repetidas centenas de vezes, verificamos sempre que os espaços percorridos estavam em relação uns com os outros tal como os quadrados dos tempos, e isto foi verdade para todas as inclinações do (...) canal ao longo do qual fizemos rolar a esfera (...). (Discursos e demonstrações matemáticas relativa a duas novas Ciências. apud. Cohen, 1967).

Uma noção inercial aparece na análise de Galileu do movimento dos projéteis, quando afirma que, a resistência do ar aumenta quando a velocidade de um corpo aumenta, de tal forma que, quando a resistência se iguala ao peso do corpo, este continua seu movimento com velocidade constante.

Ao analisar o deslocamento horizontal, entretanto, Galileu argumenta que em qualquer direção, um corpo que se move sobre a superfície da Terra estará percorrendo uma superfície esférica.

“Salviati: Assim, pois, para que uma superfície não fosse nem inclinada nem elevada, seria preciso que em todas as suas partes ela estivesse igualmente afastada do centro. Mas encontra-se no mundo tal superfície?”

Simplicio: Não falta. Assim, a do nosso globo terrestre, desde que seja bem polida e não tal como ela é, rugosa e coberta de montanhas; mas sim tal como uma água tranqüila e plácida.

Salviati: Ora, não é o mar uma tal superfície? Por conseguinte, um navio que se mova sobre esta superfície, com uma impulsão uma vez conferida, mover-se-á uniforme e eternamente”. (Galileu, Diálogo. apud. Zanetic, 1995, p. 114).

Uma das limitações impostas é que a noção de inércia linear pressupõe um universo infinito.

“Em toda a extensão da Física explorada por Galileu, não há exemplo algum de um objeto físico que tenha pelo menos uma componente de puro movimento inercial, exceto por um tempo muito curto. Foi talvez por esta razão que Galileu nunca formulou uma lei geral da inércia. Ele era excessivamente físico!” (Cohen, 1967, p. 173).

Conseqüentemente, o princípio de inércia proposto por Galileu é circular, e não linear.

“A razão pela qual Galileu pensava em termos de inércia circular parece ter sido o desejo de explicar como, numa Terra em rotação, um corpo caindo continuará sempre a cair em direção descendente, exatamente como se a Terra estivesse em repouso. Evidentemente, a queda retilínea de um corpo pesado em queda deveria continuar a girar com a Terra”. (Cohen, 1967, p. 125).

Cohen (1967) ressalta que aparentemente, Galileu

“(...) nunca tentou explicar o movimento orbital dos planetas, mediante qualquer espécie de princípio atuante de inércia circular e, como bem disse Stillman Drake, o principal perito norte americano no estudo de Galileu, este não tentou nenhuma explicação da causa dos movimentos planetários, exceto para admitir implicitamente que, se a natureza da gravidade fosse conhecida, também isso poderia ser descoberto.” (Cohen, 1967, p. 132).

Chalmers (1993) salienta que Galileu não desenvolveu uma astronomia detalhada e parece ter seguido os aristotélicos em sua preferência por órbitas circulares.

Galileu admite desconhecer a natureza da gravidade, porém isto não o impediu de reconhecer nela um princípio inerente aos corpos.

“(...) um corpo grave, por sua natureza, tem um princípio inerente, [uma tendência interna] a mover-se em direção ao centro comum dos corpos graves, isto é, [em direção ao centro] do nosso globo terrestre, com um movimento constantemente acelerado, e acelerado sempre igualmente, isto é, [de tal modo] que, em tempos iguais, recebe adições iguais de movimentos e de novos graus de velocidade”.(Galileu, De motu. apud Koyré, 1991, p. 221).

Koyré (1991) assinala que a gravidade nessa perspectiva pode ser definida como uma força não apenas constante, mas ainda a mesma em todos os corpos, quaisquer que sejam.

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

1. Discuta a contribuição do trabalho de Galileu para a explicação do movimento de queda dos corpos.
2. Explique a concepção de gravidade presente no trabalho de Galileu.
3. O texto abaixo apresenta um relato sobre a famosa 'experiência de Pisa'.¹ Comente-o criticamente procurando evidenciar o que poderia e o que não poderia ser demonstrado com tal procedimento.²

“Quando Galileu soube que todos os outros professores exprimiam dúvidas quanto às conclusões do insolente inovador, aceitou o desafio. Solenemente, convidou aqueles graves doutores e todo o corpo de estudantes, em outras palavras, toda a Universidade, para assistir a uma de suas experiências. Mas não no seu lugar habitual. Não, este não era o bastante grande para ele. Lá fora, a céu aberto, na vasta praça da catedral. E a cátedra acadêmica claramente indicada para aquelas experiências era o Campanário, a famosa torre inclinada.

Os professores de Pisa, como os de outras cidades, tinham sempre sustentado, de acordo com o ensinamento de Aristóteles, que a velocidade da queda de um objeto era proporcional a seu peso.

Por exemplo, uma bola de ferro, pesando cem libras, e outra, pesando apenas uma libra, soltas no mesmo momento, da mesma altura, evidentemente devem tocar a Terra em instantes diferentes e, obviamente, a que pesa cem libras atingirá a Terra primeiro, pois é justamente mais pesada do que a outra.

Galileu, pelo contrário, pretendia que o peso não vinha ao caso e que ambas atingiriam a Terra no mesmo momento.

¹ Namer, E. Galileu, searcher of the Heavens. New York, 1931, p. 28-29. Citado por Koyré, A. (1991). Galileu e a experiência de Pisa: a propósito de uma lenda. In.: Koyré, A. (1991). **Estudos de história do pensamento científico**. 2^a ed. Forense Universitária. Rio de Janeiro, 388 p.

² Questão adaptada de Peduzzi, 1998.

Ouvir semelhantes asserções, feitas no coração de uma cidade tão velha e sábia, era intolerável. E considerou-se necessário e urgente fazer uma afronta pública àquele jovem professor que se tinha, a si próprio, em tão alta conta, e dar-lhe uma lição de modéstia da qual se lembrasse até o fim de sua vida.

Doutores em trajes de veludo e magistrados, que pareciam acreditar estar indo a uma espécie de feira de aldeia, deixaram de lado suas diversas ocupações e se misturaram com os representantes da Faculdade, prontos a zombar do espetáculo, qualquer que fosse seu desfecho.

Talvez o ponto mais estranho de toda essa história seja o fato de que não tenha vindo ao espírito de ninguém fazer a experiência por si próprio antes de chegar à arena. Ousar pôr em dúvida algo que Aristóteles afirmara nada mais era do que uma *heresia* aos olhos dos estudantes daquele tempo. Era um insulto a seus mestres e a eles próprios, uma desgraça que os poderia excluir dos círculos da *elite*. É indispensável ter essa atitude constantemente presente no espírito para apreciar plenamente o gênio de Galileu, sua liberdade de pensamento e sua coragem, e também para avaliar, em sua justa medida, o sono profundo do qual a consciência humana iria ser despertada. Que esforços, que lutas eram necessárias para fazer nascer uma Ciência exata!

Galileu subiu os degraus da torre inclinada, calmo e tranqüilo, a despeito dos risos e gritos da multidão. Compreendia bem a importância da hora. No alto da torre, formulou mais uma vez a questão com toda a exatidão. Se os corpos, ao cair, chegassem ao solo ao mesmo tempo, ele seria o vitorioso; mas, se chegassem em momentos diferentes, seriam seus adversários que teriam razão.

Todos aceitaram os termos do debate. Gritavam: “Faça a prova”.

Chegara o momento. Galileu largou as duas bolas de ferro. Todos os olhares se dirigiam para o alto.

Silêncio! E o que se viu: as duas bolas partir juntas, cair juntas e juntas tocar a Terra ao pé da torre.”

ATIVIDADE 8: OS VÓRTICES DE DESCARTES.

Justificativa:

O objetivo desta atividade é proporcionar um debate sobre o modelo mecânico da gravidade, proposto por René Descartes.

Para este filósofo, a admissão de que corpos pudessem atuar sobre os outros através do espaço vazio, significava atribuir à matéria “qualidades ocultas”.³

A necessidade de que um meio atue, causando a queda dos corpos também aparece como uma das concepções mais freqüentes entre estudantes e docentes.

QUADRO 8: Planejamento da atividade 8.



CAMPOS ORIENTADORES

³ Peduzzi, 1998, p.414.

ATIVIDADE 8	Conhecimento científico/epistemológico	Habilidades cognitivas /reflexão	Habilidades sociais/comunicação	Seqüência instrucional (Conversação avaliativa)
Os vórtices de Descartes.	Modelo mecânico para a gravidade. Princípio de inércia linear.	Análise, argumentação e síntese das idéias principais.	Comunicar e discutir as idéias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada.

TEXTO 11

Os vórtices de Descartes

Neste nosso breve relato histórico, não podemos deixar de evidenciar a contribuição de René Descartes (1596 – 1650) para o desenvolvimento do conceito de inércia e sua explicação mecânica sobre a causa da gravidade.

Descartes não concordava com a noção de inércia circular proposta por Galileu. Para ele, a inércia fazia com que os corpos persistissem em movimento linear,⁴

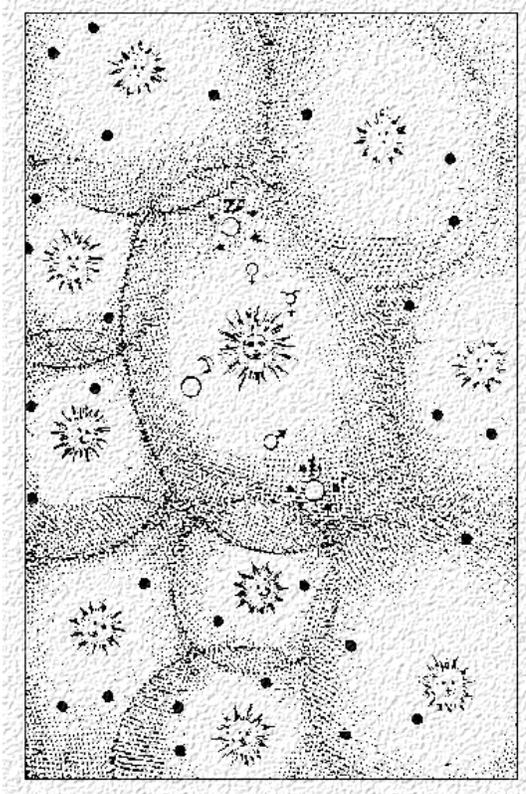
⁴ Koestler (1989) salienta que a primeira lei de Newton, foi formulada por Descartes!

“(...) o que constituía a teoria mais assombrosa, pois os corpos celestes podiam mover-se em círculos ou elipses, mas indubitavelmente não se moviam em linha reta. Descartes, portanto, admitiu serem os planetas movidos em círculo por vórtices num éter que a tudo penetrava, o que vinha a ser elaboração dos varredouros girantes de Kepler”. (Koestler, 1989, p. 384).

Essa concepção de universo não comportava qualquer tipo de ação à distância entre corpos, repudiando inclusive alguns modelos que utilizavam o magnetismo como possível responsável pelos movimentos.

“A matéria impregnava todo o espaço e, portanto, em princípio a matéria primordial somente podia sofrer um movimento de rotação. Deste modo se estabeleceu um vórtice gigante no qual os tijolos primários de matéria eram arrastados girando, gastando-se gradualmente pelo atrito. Independentemente de sua forma original, os blocos primários de matéria se desgastavam para formar um pó, a matéria primeira, e pequenas esferas, a matéria segunda. O pó cósmico ou matéria primeira constituía o elemento fogo que formava o Sol e as estrelas fixas. A matéria segunda era o ar ou elemento etéreo que compunha o material do espaço interestelar. Havia também uma matéria terceira, a saber, os blocos originais de matéria que não se haviam decomposto em pó, mas que apenas haviam-se arredondado. Estes grandes blocos esféricos de matéria constituíam o elemento terra que formava a Terra, os planetas e os cometas”. (Mason, S.F., 1985. apud. Zanetic, 1995, p. 138).

FIGURA 33: Modelo gravitacional de Descartes, evidenciando os vórtices de matéria que permeiam todo o espaço.



FONTE: Zanetic (1995, p. 138).

QUESTÃO PARA REFLEXÃO

1. Como pode ser explicada a gravidade e a queda dos corpos dentro do modelo mecânico proposto por Descartes?

ATIVIDADE 9 : A SÍNTESE NEWTONIANA

Justificativa:

Nesta atividade, apresentamos um esboço do desenvolvimento do modelo gravitacional newtoniano.

A síntese aqui apresentada não tem a pretensão de reconstruir, nem tampouco provar matematicamente os passos do trabalho realizado por Newton.

O objetivo da proposta é discutir alguns aspectos que contribuam para desmistificar a construção do conhecimento.

QUADRO 9: Planejamento da atividade 9.

CAMPOS ORIENTADORES

ATIVIDADE 9	Conhecimento científico/ epistemológico	Habilidades cognitivas/ reflexão	Habilidades sociais/ comunicação	Seqüência instrucional (Conversação avaliativa)
A síntese newtoniana.	Alguns aspectos do desenvolvimento do modelo gravitacional newtoniano.	Análise, argumentação e síntese das idéias principais.	Comunicar e discutir as idéias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura individual do material apresentado. 2. Discussão das questões em pequenos grupos. 3. Apresentação plenária das idéias debatidas. 4. Síntese das elaborações, facilitando o <i>feedback</i> que servirá para avaliar a informação gerada. 5. Aplicação das novas idéias debatidas. (reflexão sobre o modelo newtoniano e suas implicações para o estudo do movimento).

TEXTO 12

A síntese newtoniana

Isaac Newton nasceu em Lincolnshire, Inglaterra em 1642, ano da morte de Galileu e faleceu Kensington, Londres em 1727.

Alfabetizou-se na escola local e prosseguiu seus estudos em um liceu em Grantham. Em 1661, foi aceito no Trinity College, na universidade de Cambridge.

Em junho de 1665, devido a uma terrível peste que atacou Londres e matou um grande número de pessoas, a Universidade de Cambridge se vê obrigada a fechar suas portas e mandar para casa professores e alunos. Entre eles, o jovem Newton que acabara de concluir o bacharelado, volta a Lincolnshire onde passa um período em férias forçadas. Durante este tempo, ele aprofundou seus estudos em vários campos.

Zanetic (1995) revela que em 1666, Newton havia produzido conhecimento sobre os seguintes temas:

1. *“Tinha uma formulação provisória de sua teoria da gravitação, pelo menos como uma hipótese de trabalho razoável;*
2. *Redigiu um esboço medianamente completo do cálculo de fluxões, que viria a ser o cálculo infinitesimal;*
3. *Formulou o seu teorema do binômio;*
4. *Escreveu e pesquisou a natureza da luz.” (Zanetic, 1995, p. 141)*

De acordo com Koestler (1989), Newton foi o responsável por unir conhecimentos dispersos, propondo uma explicação para o “funcionamento” do universo em uma formulação tão poderosa que, ainda hoje, nossa visão de mundo é essencialmente newtoniana. Ele explica que Newton tinha pela frente um verdadeiro quebra-cabeça: de um lado as leis do movimento dos corpos celestes, de Kepler e as leis do movimento dos corpos na Terra, de Galileu.

“As forças que impeliam os planetas no modelo Kepleriano não resistiam ao escrutínio do físico. E, vice-versa, as leis da queda dos corpos e dos projéteis de Galileu não possuíam relação aparente com os movimentos dos planetas nem dos cometas. Segundo Kepler, os planetas moviam-se em elipses; segundo Galileu, em círculos. Segundo Kepler, eram movidos pelos “raios” de uma força oriunda do sol girante; segundo Galileu, não eram absolutamente movidos, porque o movimento circular perpetuava a si próprio. Segundo Kepler, a preguiça ou inércia dos planetas fazia com que eles tendessem a ficar para trás; segundo Galileu, o próprio princípio da inércia os fazia persistir em girar em círculos. “Tudo estava em pedaços; não havia coesão”. (Koestler, 1989, p. 348).

A mecânica do movimento circular também era um ponto que gerava dificuldades de entendimento. Os trabalhos de Descartes e Christiaan Huygens (1629 – 1695) identificavam a necessidade de uma força centrífuga⁵ em oposição à atração sofrida pelo objeto ao centro de revolução. Ou seja, nesta perspectiva,

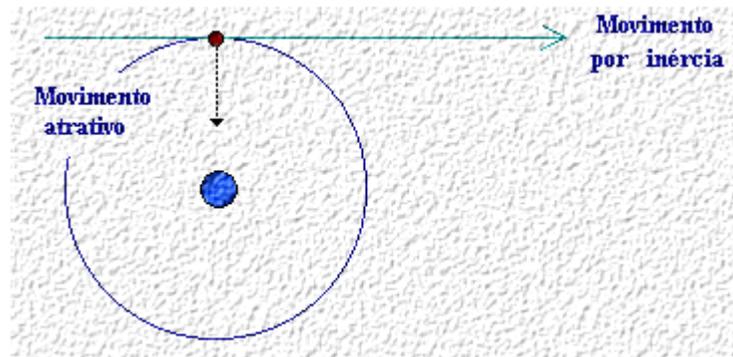
“(…) uma trajetória circular estável (...) exigia a ação de uma força sobre o corpo em rotação (proveniente de quem o girava), para compensar o seu efeito centrífugo”. (Peduzzi, 1998, p. 570).

Peduzzi (1998) explica que o próprio Newton sustentava idéia semelhante.

Em 1679, Robert Hooke (1635 – 1703) rompe com tal concepção. Em correspondência enviada a Newton, revela sua suposição de que o movimento de um corpo em uma trajetória curvilínea é causado por uma combinação de dois movimentos: um atrativo e outro, inercial. Esta situação está ilustrada na figura abaixo.

FIGURA 34: A suposição de Hooke para o movimento curvilíneo implicava na composição de movimentos.

⁵ Termo cunhado por Huygens para descrever uma espécie de “tendência” do corpo em rotação de se afastar do centro (Cf. Peduzzi, 1998, p.570).



Peduzzi (1998) assinala que a suposição de Hooke implicava no abandono da noção de força centrífuga e do equilíbrio de forças que sua existência demandava, em favor de uma única força, centrípeta, dependente do corpo central.

O alcance de tal noção aparece claramente no trecho abaixo:

“O legado de Hooke a Newton não foi a dependência da força com o inverso do quadrado da distância, que também era emitida (mas não provada, se a órbita fosse circular) por outros cientistas, da época. Tampouco foi a idéia de atração, que já era mencionada por William Gilbert (1540 – 1603), antes de 1600, a partir de seus estudos experimentais e discussão qualitativa sobre o magnetismo [...]. Concebendo a Terra como um gigantesco ímã, Gilbert não apenas considerava que a sua influência podia se estender até a Lua como admitia, com base nos resultados de suas experiências, uma reciprocidade de ações entre a Terra e a Lua. A hipótese original de Hooke sim, aceita por Newton, indicou-lhe a direção correta para a análise precisa de um movimento curvilíneo, e da ‘dança dos planetas’, em especial”. (Peduzzi, 1998, p. 572-3).

Westfall (1995) também assinala que os

“(...) papéis de Newton não revelam nenhuma compreensão semelhante do movimento circular antes dessa carta”. (Westfall, 1995, p. 148).

Cohen (1967) afirma que alguns pensadores no século XVII, como Edmund Halley (1656 – 1742), Christopher Wren (1632 – 1723) e o próprio Hooke, buscavam independentemente revelar sob qual lei de força seguiria um planeta uma órbita elíptica. De acordo com as leis de Kepler, era claro que o Sol, deveria

controlar ou ao menos influir no movimento. Já havia nesta época alguma especulação acerca de uma força diminuindo segundo o inverso do quadrado da distância.

Com a publicação da regra da força centrífuga⁶ proposta por Huyghens em 1673 ($F \propto v^2/r$), e a partir da terceira lei de Kepler (r^3/T^2), não era difícil chegar à dependência da força com o inverso do quadrado da distância (para órbitas circulares).

Bernal (1969) explica que em 1679 Hooke, Halley e Wren estavam convencidos de que a força que mantinha os planetas em suas órbitas era do tipo

$$F \propto 1/d^2.$$

Entretanto não foram capazes de relacionar sua hipótese com os movimentos observados dos corpos celestes e dois problemas permaneciam sem solução:

- 1) A justificativa para as órbitas elípticas e
- 2) a forma de atuação de grandes corpos atrativos.

Em agosto de 1684, Halley decide ir a Cambridge consultar Newton.

“Sem mencionar suas próprias especulações nem as de Hooke e Wren, ele imediatamente indicou o objetivo de sua visita ao perguntar a Newton qual seria a curva descrita pelos planetas na hipótese de que a gravidade diminuísse com o quadrado das distâncias. Newton respondeu imediatamente: “Uma elipse”. Tomado de alegria e espanto, perguntou Halley como ele o sabia! “Ora, eu o calculei”, replicou ele. E sendo-lhe pedido o cálculo, não conseguiu encontrá-lo mas prometeu remetê-lo”. (Cohen, 1967, p. 163).

Westfall (1995) afirma que se pode descartar a história de cálculo perdido, uma vez que ele se conservou entre os papéis de Newton. O autor assinala que Newton provavelmente preferiu reexaminar o trabalho antes de torná-lo público.

Incentivado por Halley, Newton decide reunir suas descobertas e redige um tratado intitulado “De motu corporum in gyrum”⁷ no qual

⁶ · Para Hooke, força centrípeta. (Cf. Peduzzi, 1998, p. 591).

⁷ · “Do movimento dos corpos numa órbita” (Cf. Westfall, 1995, p. 159).

“não apenas demonstrava que a órbita elíptica implicava uma força inversamente proporcional ao quadrado em direção a um foco, como também esboçava uma demonstração do problema original: a força inversamente proporcional ao quadrado implicava uma órbita cônica, que é uma elipse para velocidades abaixo de um certo limite”. (Westfall, 1995, p. 159).

O desenvolvimento deste tratado gerou a publicação em 1687 do ***Philosophiae Naturalis Principia Mathematica***.

Esta obra é dividida em três livros. No primeiro, Newton desenvolve os princípios gerais da dinâmica dos corpos em movimento, e no terceiro, os aplica ao movimento no macrocosmo, onde discute o movimento da Lua, a aceleração da força gravitacional, o problema das marés etc. O segundo livro trata da mecânica dos fluidos, da teoria das ondas.

Nas seções seguintes procurarei esboçar alguns aspectos relevantes para a construção do princípio da atração gravitacional.

As leis do movimento.

Westfall (1995) revela alguns aspectos da evolução da concepção newtoniana de força, apresentada no *De motu* e mais tarde no *Principia*.

Inicialmente, a primeira lei afirmava que os corpos deslocavam-se uniformemente em função de sua força intrínseca. Na segunda lei, Newton tentou definir o papel da força impressa, afirmando que a mudança do movimento é proporcional à tal força e ocorre na direção da reta em que ela é aplicada.

Mais tarde, a definição de força intrínseca passa a ser atribuída, não a um corpo, mas à matéria e ganha um outro nome, força de inércia.

Um adendo à noção de força impressa procurou deixar claro de que se tratava apenas de uma ação, não permanecendo no corpo após ação ter sido concluída.

“LEI I: Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele”.

“LEI II: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.”

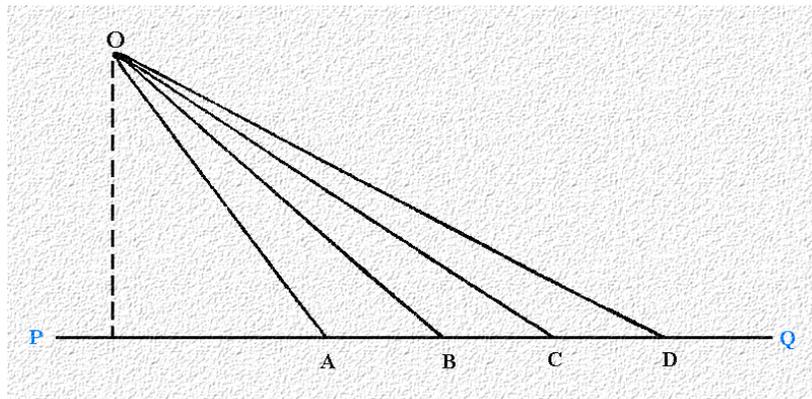
“LEI III: A toda ação há sempre oposta uma reação igual, ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas”. (Newton, 1990, p.15-16).

A formulação de Newton e as leis de Kepler

No primeiro teorema apresentado nos Principia, Newton demonstrou que, se um corpo realiza um movimento puramente inercial⁸, a lei das áreas de Kepler é válida em relação a qualquer ponto fora da trajetória.

Tal situação está representada na figura abaixo.

Figura 35: A segunda lei de Kepler é válida mesmo para um corpo que se move com velocidade uniforme ao longo de uma reta.



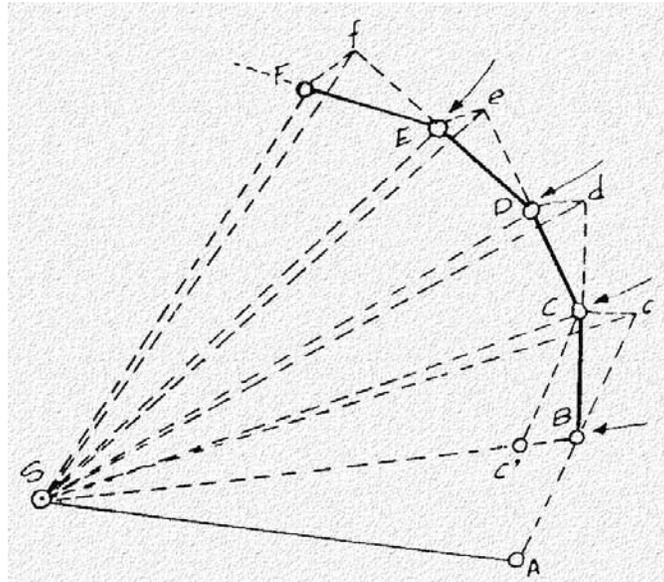
FONTE: Cohen (1967, p. 175).

A seguir, considerou o caso em que o corpo recebe um impulso no ponto B em direção ao centro. A nova trajetória descrita é resultado da composição do movimento original ao longo de AB com o movimento na direção

⁸ Movimento com velocidade constante, onde o corpo percorre espaços iguais em iguais intervalos de tempo.

de S. Newton mostrou que a área do triângulo SBC é igual à área do triângulo SBc. Diminuindo a largura dos triângulos, ou seja fazendo o intervalo de tempo entre os impulsos tender a zero, teremos uma força sempre dirigida para o centro.

FIGURA 36: A lei das áreas de Kepler é válida mesmo quando há uma força impulsiva em direção ao centro.



FONTE: Cohen (1967, p. 177).

Peduzzi (1998) explica que Newton deu significado à lei das áreas de Kepler ao provar que, se um corpo é continuamente atraído por um centro de força, seu movimento que de outro modo seria inercial, será transformado em movimento ao longo de uma curva e que uma linha traçada do centro de força ao corpo varrerá áreas iguais em tempos iguais. Faltava ainda determinar tal força.

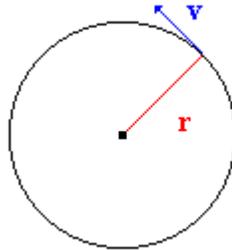
Newton e a gravitação universal.

Buscando reconstruir alguns aspectos básicos do desenvolvimento da gravitação, procuraremos desenvolver nesta seção *um breve esboço* de alguns resultados, sem ter a pretensão de reconstruir os passos que conduziram Newton à sua formulação.

Como as excentricidades das órbitas elípticas dos planetas são muito pequenas, assumiremos em nossos cálculos, órbitas circulares.

Consideremos um planeta de massa m_p e velocidade v , movendo-se ao longo de um círculo de raio r em torno do Sol.

FIGURA 37: Um corpo de massa m_p movimenta-se circularmente em torno de um centro de força atrativo de massa m_s



FONTE: Peduzzi (1998, p. 577).

Para o movimento circular uniforme, a aceleração centrípeta seria dada por:

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (1)$$

Sendo T o período, ou o tempo que o planeta leva para descrever a circunferência de comprimento $2\pi r$, a velocidade é dada por

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (2)$$

Pela segunda lei de Newton, a força de atração que o Sol exerce sobre o planeta resulta:

(3)

$$F_{sp} = m_p \cdot a = m_p \times \left[\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} \right] \times \frac{1}{r}$$

$$F_{sp} = m_p \cdot a = m_p \times \left[\frac{4\pi^2 r^2}{T^2 r} \right] \times \frac{r}{r} \quad (4)$$

$$F_{sp} = m_p \cdot a = m_p \times \frac{4\pi^2}{r^2} \times \frac{r^3}{T^2} \quad (5)$$

Como para qualquer planeta do sistema solar, r^3/T^2 é uma constante, de acordo com a terceira lei de Kepler, podemos escrever:

$$F_{sp} = m_p \cdot a = \frac{4\pi^2 m_p}{r^2} \times K \quad (6)$$

$$F_{sp} = 4\pi^2 K \frac{m_p}{r^2} \quad (7)$$

Onde r é a distância média de um planeta ao Sol.

Peduzzi (1998) assinala que, dessa forma, obtemos que a força atrativa que desvia continuamente o planeta de sua trajetória puramente inercial é diretamente proporcional à massa do planeta e inversamente proporcional ao quadrado da distância.

De acordo com a terceira lei de Newton, a força exercida pelo Sol sobre o planeta é igual (em módulo) à força que o planeta exerce sobre o Sol.

$$F_{SP} = F_{PS} \quad (8)$$

Se a força exercida pelo Sol sobre o planeta é proporcional à massa do planeta e inversamente proporcional ao quadrado da distância, de acordo com a expressão (7).

$$F_{SP} \propto m_p \quad (9)$$

$$F_{SP} \propto \frac{1}{r^2} \quad (10)$$

então, a força exercida pelo planeta sobre o Sol deverá ser proporcional à massa do Sol.

$$F_{PS} \propto m_s \quad (11)$$

Através da análise das relações (8),(9) e (10) , podemos escrever:

$$F_{SP} \propto m_p \quad \text{e} \quad F_{SP} \propto m_s \quad (12)$$

Assim:

$$F_{SP} \propto \frac{m_p \cdot m_s}{r^2} \quad (13)$$

Se multiplicarmos e dividirmos a relação (7) por m_s , teremos:

$$F_{sp} = \frac{4\pi^2 K}{m_s} \frac{m_s m_p}{r^2} \quad (14)$$

Comparando as expressões (13) e (14), obtemos a constante de proporcionalidade G:

$$G = \frac{4\pi^2 K}{m_s} \quad (15)$$

Quando Newton sugeriu que tal constante é universal e que a lei expressa pela relação (14) não tem aplicação limitada entre o Sol e um planeta, mas que também se aplica a cada par de objetos no universo, não

“(...) há Matemática – seja Álgebra, Geometria, ou cálculo integral ou diferencial – que justifique este passo audacioso. Dele se pode dizer somente que é um desses triunfos que tornam o homem comum humilde diante do gênio”. (Cohen, 1967, p. 184).

A partir desta formulação a física

“(...) e a filosofia natural aristotélica estão definitivamente sepultadas. O universo é regido pelas mesmas leis físicas”. (Peduzzi, 1998, p. 581).

O problema da distância.

“Nunca estendi a proporção quadrática a pontos abaixo da superfície da Terra &, até uma certa demonstração que realizei ano passado, suspeitava que ela não descresse a um ponto muito abaixo com suficiente exatidão (...). Há uma objeção tão intensa à exatidão dessa proporção que, sem minhas demonstrações (...), nenhum filósofo judicioso conseguirá acreditar que ela tem o mínimo de precisão”. (Trecho de correspondência de Newton a Halley. apud. Westfall, 1995, p. 169).

Zanetic (1995) afirma que o valor de r que deveria ser utilizado na expressão (14) ainda representava uma dificuldade para Newton, uma vez que no caso de um corpo próximo à superfície, parte da Terra está muito próxima, enquanto que outras partes estão a grandes distâncias.

As proposições apresentadas a seguir, extraídas do Livro I do Principia, revelam a forma encontrada por Newton para solucionar tal problema.

Proposição LXX. Teorema XXX

Se para cada ponto de uma superfície esférica tenderem forças centrípetas iguais, que diminuem com o quadrado das distâncias a partir desses pontos, afirmo que um corpúsculo localizado dentro daquela superfície não será atraído de maneira alguma por aquelas forças.

Proposição LXXI. Teorema XXXI

Supondo-se o mesmo que acima, afirmo que um corpúsculo localizado fora da superfície esférica é atraído em direção ao centro da esfera com uma força inversamente proporcional ao quadrado de sua distância até este centro.

Proposição LXXIII. Teorema XXXIII.

Se para os vários pontos de uma dada esfera tenderem forças centrípetas iguais, que decrescem com o quadrado das distâncias a partir dos pontos, afirmo que um corpúsculo localizado dentro da esfera é atraído por uma força proporcional à sua distância a partir do centro.

Proposição LXXV. Teorema XXXV.

Se para os vários pontos de uma dada esfera tenderem forças centrípetas iguais, que decrescem com o quadrado das distâncias a partir do ponto, afirmo que outra esfera semelhante será atraída por ela com uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros.

A natureza da gravidade.

Carjori (1990) salienta que o prefácio de Roger Cotes à segunda edição dos Principia, em 1713 pode ter contribuído para um mau entendimento das concepções de Newton. Expressões do tipo: “o atributo da gravidade é encontrado em todos os corpos” e “a gravidade deve ter lugar entre as qualidades primárias

de todos os corpos”, parecem implicar que a gravidade é uma propriedade inerente à matéria.

Por outro lado, algumas frases dos Principia de 1687, parecem levar a uma implicação semelhante.

“Newton afirma (Livro I, Prop. LX): “Se dois corpos...atraindo-se com forças inversamente proporcionais ao quadrado de sua distância”; (Livro I, Prop. LXIX) “as forças absolutas dos corpos atrativos”; (Livro I, Prop. LXXII) “a atração de um corpúsculo em direção às diversas partículas de uma esfera” [...]. Nessas expressões, os “corpos” ou “corpúsculos” são descritos como ativos, como “atrativos” (Cajori, 1990, p. 273).

Apesar de não representar o pensamento de Newton, tal concepção foi durante muito tempo atribuída à ele. Em cartas a Richard Bentley, de 1692-3, Newton opôs-se fortemente à doutrina segundo a qual a gravidade seria uma propriedade inata da matéria e também à noção de “ação à distância”.

“Em uma carta a Bentley, Newton escreveu: Você às vezes fala da gravidade como essencial e inerente à matéria. Peço-lhe que não atribua essa noção a mim; pois a origem da gravidade é o que não pretendo descobrir, e, portanto, levaria mais tempo para considerar a respeito dela”.

Proposição LXXV. Teorema XXXV.

Se para os vários pontos de uma dada esfera tenderem forças centrípetas iguais, que decrescem com o quadrado das distâncias a partir do ponto, afirmo que outra esfera semelhante será atraída por ela com uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros.

A natureza da gravidade.

Carjori (1990) salienta que o prefácio de Roger Cotes à segunda edição dos Principia, em 1713 pode ter contribuído para um mau entendimento das concepções de Newton. Expressões do tipo: “o atributo da gravidade é encontrado em todos os corpos” e “a gravidade deve ter lugar entre as qualidades primárias de todos os corpos”, parecem implicar que a gravidade é uma propriedade inerente à matéria.

Por outro lado, algumas frases dos Principia de 1687, parecem levar a uma implicação semelhante.

“Newton afirma (Livro I, Prop. LX): “Se dois corpos...atraindo-se com forças inversamente proporcionais ao quadrado de sua distância”; (Livro I, Prop. LXIX) “as forças absolutas dos corpos atrativos”; (Livro I, Prop. LXXII) “a atração de um corpúsculo em direção às diversas partículas de uma esfera” [...]. Nessas expressões, os “corpos” ou “corpúsculos” são descritos como ativos, como “atrativos” (Cajori, 1990, p. 273).

Apesar de não representar o pensamento de Newton, tal concepção foi durante muito tempo atribuída à ele. Em cartas a Richard Bentley, de 1692-3, Newton opôs-se fortemente à doutrina segundo a qual a gravidade seria uma propriedade inata da matéria e também à noção de “ação à distância”.

“Em uma carta a Bentley, Newton escreveu: Você às vezes fala da gravidade como essencial e inerente à matéria. Peço-lhe que não atribua essa noção a mim; pois a origem da gravidade é o que não pretendo descobrir, e, portanto, levaria mais tempo para considerar a respeito dela”.

Em outra carta, Newton escreveu:

“É inconcebível que a matéria bruta e inanimada devesse, sem a mediação de alguma outra coisa não material, atuar sobre e afetar outra matéria sem haver contato mútuo¹, como deveria ser se a gravitação fosse essencial e inerente a ela, no sentido de Epicuro. E esta é uma razão pela qual desejaria que você não atribuísse a gravidade inata a mim. Que a gravidade seja inata, inerente e essencial à matéria, de forma que um corpo possa atuar sobre outro a uma distância através do vácuo, sem a mediação de qualquer outra coisa, por e através da qual sua ação e força possam ser transportadas de um para outro, é para mim um absurdo tão grande que acredito que nenhum homem dotado de uma faculdade competente em assuntos filosóficos possa nele recair. A gravidade deve ser causada por um agente que atue constantemente de acordo com certas leis; mas se este agente é material ou imaterial, deixo para a consideração dos meus leitores”. (Cajori, 1990, p. 274).

Cajori (1990) explica que tais cartas só foram publicadas muitos anos depois e portanto, não podiam influenciar a opinião científica da época.

Na segunda edição do Principia de 1713, Newton tornou mais clara sua posição:

“(...) Aqui emprego a palavra atração em sentido geral, para qualquer esforço feito por corpos para se aproximarem uns dos outros, seja esse esforço oriundo da ação dos próprios corpos, como quando tendem uns para os outros por influencias emitidas; ou decorra da ação do éter ou do ar, ou de qualquer que seja o meio, corpóreo ou incorpóreo, impelindo corpos ali localizados, de alguma maneira, uns em direção aos outros² (Newton, 1990, p. 218-9).

Em 1717, na segunda edição de seu livro Óptica, Newton volta ao assunto em uma discussão apresentada na forma de questão.

“Questão 31: Não têm as pequenas partículas dos corpos certos poderes, virtudes ou forças por meio dos quais elas agem a distância não apenas sobre os raios de luz, refletindo-os, refratando-os e

¹ Grifo meu.

² Aqui, Newton lança a hipótese de uma matéria que poderia desempenhar o papel de meio para a propagação da atração gravitacional. Grifo meu.

infectando-os, mas também umas sobre as outras, produzindo grande parte dos fenômenos da natureza? Pois sabe-se que os corpos agem uns sobre os outros pelas ações da gravidade, do magnetismo e da eletricidade; e esses exemplos mostram o teor e o curso da natureza, e não tornam improvável que possa haver mais poderes atrativos além desses. Porque a natureza é muito consonante e conforme a si mesma. Não examino aqui o modo como essas ações podem ser efetuadas. O que chamo de atração pode-se dar por impulso ou por algum outro meio que desconheço. Uso esta palavra aqui apenas para expressar qualquer força pela qual os corpos tendem um para o outro seja qual for a causa.³ Pois devemos aprender, pelo exame dos fenômenos da natureza, quais corpos se atraem e quais são as leis e propriedades da atração, antes de investigar a causa pela qual a atração se efetua. As atrações da gravidade, do magnetismo e da eletricidade alcançam distâncias bem perceptíveis, e assim têm sido observadas pelos olhos comuns, podendo haver outras que alcançam distâncias tão pequenas que escaparam à observação até aqui; e talvez a atração elétrica possa alcançar essas distâncias mínimas mesmo sem ser excitada pela fricção”. (Newton, 1996, p. 274-5).

Campo gravitacional.

Peduzzi (1998) assinala que a partir de 1820, uma série de descobertas envolvendo a eletricidade e o magnetismo acabou colocando em evidência fatos teóricos e experimentais que sugeriam haver uma ligação entre esses dois domínios do conhecimento.

“A partir da síntese matemática do eletromagnetismo, elaborada pelo físico escocês J. C. Maxwell (1831 –1879), na segunda metade do século XIX, vê-se surgir uma nova e poderosa teoria científica com amplo poder explicativo, que vai abalar definitivamente a hegemonia do conceito mecânico”. (Peduzzi, 1998, p. 634).

Na física newtoniana, a realidade física é descrita em termos de partícula e forças, mas a partir dos trabalhos de Michael Faraday (1791 - 1867) e James Clerk Maxwell (1831 – 1879), a entidade importante na descrição da

³ Grifo meu.

realidade física passa a ser o campo. A realidade física pode ser descrita localmente nos termos dos valores que os campos têm no espaço, sem referência explícita às suas fontes.

O conceito de campo gravitacional descreve de maneira mais elegante os efeitos anteriormente atribuídos à uma espécie de ação à distância.

Cajori (1990) assinala que a questão da gravidade adquiriu um novo interesse com o advento da Teoria da Relatividade Geral de Einstein,

“(...) de acordo com a qual a gravidade é encarada não como uma propriedade inata aos corpos, mas sim como certa modificação no espaço. De acordo com Einstein, a Terra produz nas suas vizinhanças um campo gravitacional, que agindo sobre a maçã provoca seu movimento de queda. No campo gravitacional de Einstein, em geral, um raio de luz propaga-se curvilíneamente. A diferença entre a nova e a velha física é enunciada por Eddington assim: “A lei da gravitação de Einstein controla uma quantidade geométrica, a curvatura, em contraste à lei de Newton que controla uma quantidade mecânica, a força”. (Cajori, 1990, p. 275-6).

A análise da evolução histórica mostra que os modelos explicativos para a atração entre corpos evoluem desde a noção de “lugar natural”, uma tendência dos graves de procurar o centro do universo, que no sistema aristotélico coincidia com a Terra; passando pela “ação à distância”, onde as discussões concentravam-se na necessidade de um meio capaz de transmitir a força atrativa, já que até então, as discussões sobre o movimento baseavam-se na necessidade de uma força de contato; culminando com a noção de campo, conseqüência dos trabalhos sobre eletricidade e magnetismo.

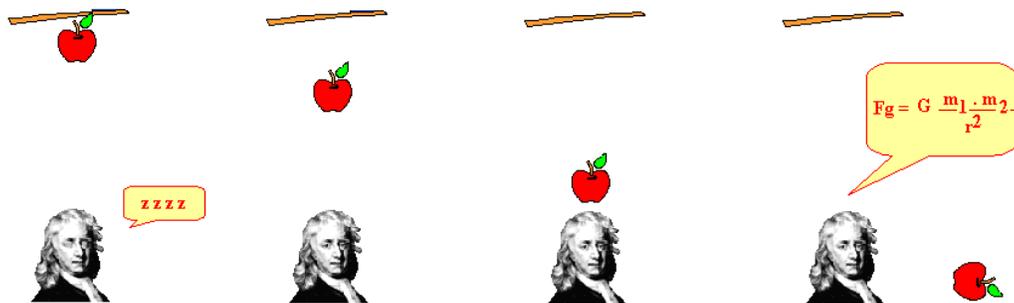
QUESTÕES PARA REFLEXÃO

1. Comente o posicionamento de Newton a respeito da natureza da gravidade e da possibilidade de ação à distância.

2. Considere a seguinte situação: A Terra exerce uma força gravitacional sobre os objetos, atraindo-os em direção à sua superfície. A mesma força permite que a Lua permaneça em sua órbita sem “cair”. Explique a partir da formulação newtoniana como isso é possível.
3. Como vimos anteriormente, alguns autores assinalam que os primeiros trabalhos de Newton ainda revelavam uma forte influência da física do *ímpetus*, (Steinberg et al., 1990; Westfall, 1995). Nesse sentido, a História da Ciência poderia fornecer informações importantes sobre as mudanças requeridas para o entendimento da mecânica newtoniana (Steinberg et al., 1990).

A partir das discussões anteriores, analise a figura abaixo procurando relatar de forma sucinta a concepção de Ciência que ela sugere.

FIGURA 38: A gravitação x a queda da maçã. ⁴



⁴ Extraída de: <http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/newtongrav.html>. (15/12/1999).

ANEXO 5

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P.W., GERTZOG, W. A. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, p.211-27, 1982.

Tradução e notas: Fernando Bastos
Depto. de Educação, UNESP, Bauru (SP).
Trecho traduzido: p.212-5.

A base epistemológica

Visões contemporâneas em filosofia da ciência sugerem que existem duas fases distintas de mudança conceitual em ciência. Usualmente, o trabalho dos cientistas é realizado sob a influência de compromissos centrais que organizam a pesquisa. Esses compromissos centrais definem problemas, indicam estratégias para lidar com esses problemas e especificam critérios para as soluções que são consideradas válidas. Thomas Kuhn (1970) chama esses compromissos centrais de "paradigmas", e a pesquisa dominada por um dado paradigma, de "ciência normal" [...] [exemplo de paradigma:física newtoniana]⁶⁴.

A segunda fase da mudança conceitual ocorre quando esses compromissos centrais necessitam ser modificados. Aqui o cientista é defrontado com um desafio às suas suposições básicas. Se a investigação vai prosseguir, o cientista deve adquirir novos conceitos e uma nova maneira de ver o mundo. Kuhn designa esse tipo de mudança conceitual como uma "revolução científica". Para Lakatos ela é uma mudança de programas de pesquisa [exemplo de revolução científica: surgimento da mecânica quântica e da relatividade especial no início do século XX, exigindo formas de ver o mundo que são incompatíveis com as suposições da física newtoniana].

Nós acreditamos que haja padrões análogos de mudança conceitual na aprendizagem. Algumas vezes os estudante usam os conceitos existentes para lidar com novos fenômenos. Essa variante da primeira fase da mudança conceitual nós chamamos de *assimilação*. Frequentemente, porém, os conceitos atuais dos estudantes são inadequados para permitir que eles compreendam novos fenômenos com sucesso. Assim, os estudantes devem substituir ou reorganizar seus conceitos centrais. Essa forma mais radical de mudança conceitual nós chamamos de *acomodação*.

[...] Sempre que o aprendiz encontra um novo fenômeno, ele deve apoiar-se em seus conceitos atuais para organizar sua investigação. Sem tais conceitos, é impossível para o aprendiz formular uma pergunta sobre o fenômeno, saber o que contaria como uma resposta para a questão ou distinguir aspectos relevantes e irrelevantes do fenômeno. [...] nós designamos os conceitos que governam uma mudança conceitual como uma "ecologia conceitual".

64 As observações entre colchetes [] são sempre notas explicativas elaboradas pelo tradutor.

[...] Nós apresentamos nossa teoria da acomodação em resposta a duas questões:

- 1) Sob quais condições um conceito central vem a ser substituído por outro?
- 2) Quais são os aspectos da ecologia conceitual que governam a seleção de novos conceitos?

Condições de acomodação

[...]

Um tema muito comum na literatura recente é que os conceitos centrais [de um paradigma ou programa de pesquisa] raramente afirmam, de modo direto, qualquer coisa sobre a experiência [concreta]. Ao contrário disso, eles fornecem estratégias e procedimentos através dos quais os fenômenos podem ser assimilados. Conceitos centrais não são julgados, portanto, em termos de sua capacidade imediata para gerar previsões confirmadas. Eles são julgados em termos de seus recursos para solucionar problemas [de pesquisa] atuais. Nas palavras de Lakatos (1970), programas de pesquisa não são confirmados ou refutados. Ao invés disso, eles são progressivos ou degenerativos. Conceitos centrais provavelmente serão rejeitados quando eles gerarem um conjunto de problemas que não parecem poder resolver. Uma teoria rival será aceita se ela parecer ter potencial para resolver esses problemas e gerar uma linha frutífera de pesquisa futura.

[...] os conceitos centrais de uma pessoa são o veículo através do qual um dado conjunto de fenômenos se torna inteligível. Tais conceitos podem estar ligados a experiências [...] anteriores que os fazem parecer intuitivamente óbvios, e que fazem os conceitos rivais parecerem não apenas errados, mas virtualmente ininteligíveis. Frequentemente, portanto, o primeiro desafio que um conjunto de conceitos centrais deve enfrentar para ganhar aceitação é parecer fazer sentido.

[...] há várias condições importantes que devem ser satisfeitas antes que uma acomodação possa ocorrer [...].

1) *Deve haver insatisfação em relação às concepções existentes.* Cientistas e estudantes provavelmente não farão grandes modificações em seus conceitos até que eles acreditem que mudanças menos radicais não funcionarão. Portanto, antes que uma acomodação ocorra, é razoável supor que o indivíduo tenha reunido uma coleção de problemas não solucionados ou anomalias e perdido a confiança em que seus conceitos atuais possam resolver esses problemas.

2) *Uma nova concepção deve ser inteligível.* O indivíduo deve ser capaz de compreender como a experiência pode ser organizada por um novo conceito. Tal compreensão deve ser suficiente para permitir a exploração das possibilidades inerentes ao novo conceito. Os autores frequentemente assinalam a importância das analogias e metáforas na tarefa de conferir significado preliminar e inteligibilidade a novos conceitos [...].

3) *Uma nova concepção deve parecer inicialmente plausível.* Qualquer novo conceito adotado deve parecer ter a capacidade de resolver os problemas gerados por seus antecessores, caso contrário não representará uma alternativa plausível [isto

é, uma alternativa que parece *viável*]. A plausibilidade é também resultado da coerência dos [novos] conceitos com outros conhecimentos. Uma nova idéia (por exemplo, em astronomia) terá menor probabilidade de ser aceita se for contraditória com os conhecimentos atuais em física ou se, simplesmente, não se articular claramente com a física. Antes do século XX, por exemplo, os físicos estavam relutantes em aceitar o que os geologistas estavam afirmando sobre a idade do mundo, já que eles não possuíam uma teoria que permitisse ao sol fornecer energia por todo aquele período de tempo.

4) *Um novo conceito deve sugerir a possibilidade de um programa de pesquisa frutífero.* Ele deve ter potencial para ser estendido, abrindo novas áreas de investigação [não basta que o novo conceito consiga resolver um problema *isolado*; ele deve gerar uma grande quantidade de novos “frutos”, permitindo um avanço significativo em relação ao estágio atual].

Características de uma ecologia conceitual

Os conceitos atuais de um indivíduo, sua ecologia conceitual, influenciarão a seleção de um novo conceito central. [...] os seguintes tipos de conceitos são determinantes [...] da direção de uma acomodação.

1) *Anomalias* [fatos que não se encaixam nas teorias do indivíduo]: A natureza das deficiências específicas de uma dada idéia é uma importante parte da ecologia que seleciona um sucessor para essa idéia.

2) *Analogias e metáforas*: Podem servir para sugerir novas idéias e fazê-las inteligíveis.

3) *Compromissos epistemológicos*:

a) **Ideais explanatórios**: A maioria dos campos [da ciência] possui visões específicas acerca de o que conta ou não como uma explicação bem sucedida no campo.

b) **Visões gerais sobre a natureza do conhecimento**: Algumas características do conhecimento bem sucedido, tais como elegância, economia, parcimônia e não ser *ad-hoc* [formulado para resolver um caso particular], são igualmente mencionadas em diferentes campos da ciência.

4) *Crenças e conceitos metafísicos* [Metafísica: parte da filosofia que estuda a essência última de todas as coisas existentes, essência esta que, por definição, não pode ser verificada empiricamente (por exemplo, através de experimentação científica)]

a) **Crenças metafísicas sobre a ciência**: Crenças relacionadas ao grau de ordenação, simetria ou não-aleatoriedade do universo são freqüentemente importantes no trabalho científico e podem resultar em visões epistemológicas que, por sua vez podem selecionar ou rejeitar tipos particulares de explicações [por exemplo, a teoria de evolução, que prevê processos que ocorrem ao acaso, isto é, sem a interferência de Deus]. Tais crenças tiveram um importante papel no pensamento de Einstein. Crenças acerca das relações entre ciência e experiência cotidiana também são importantes aqui.

b) **Conceitos metafísicos de ciência**: Conceitos científicos específicos freqüentemente possuem uma qualidade metafísica no sentido de que eles são

crenças sobre a natureza última do universo e são imunes à refutação empírica direta. A crença em tempo ou espaço absolutos é um exemplo disso.

5) *Outros conhecimentos:*

a) Conhecimento em outros campos.

b) Conceitos rivais: Uma condição para a seleção de um novo conceito é que ele deve parecer mais promissor que seus rivais.

Bauru: UNESP, 2003.

ANEXO 6

Texto: Algumas considerações sobre as pesquisas sobre concepções alternativas e os modelos de mudança conceitual. Extraído do capítulo 3 da

Tese – Parte 1: páginas - 17- 21.

Parte 2: páginas - 21- 32.

ANEXO 7

Texto: A História da Ciência e o Ensino de Ciências.

Extraído do capítulo 4 da Tese – páginas - 35- 45.

ANEXO 8

Questionário para o levantamento de concepções alternativas - 2.

Relação entre Força e movimento.

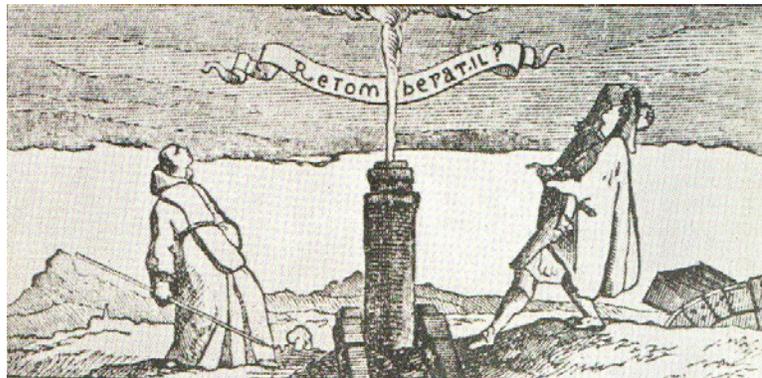
1. Em uma partida de vôlei, um jogador levanta uma bola durante um saque. Indique qual (quais) força (s) age (m) na bola enquanto ela sobe, no ponto mais alto de sua trajetória e durante o movimento de queda.

FIGURA 39:



2. Um canhão lança uma bola verticalmente para cima como demonstra a figura 2. Indique qual (quais) força (s) age (m) na bola enquanto ela sobe, no ponto mais alto de sua trajetória e durante o movimento de queda.⁶⁵

FIGURA 40:

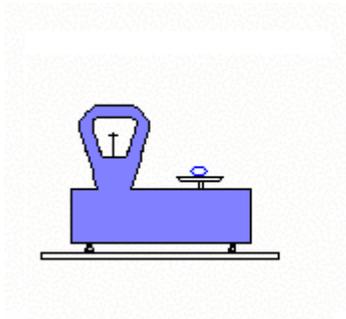


A necessidade de um meio físico para a transmissão da força atrativa.

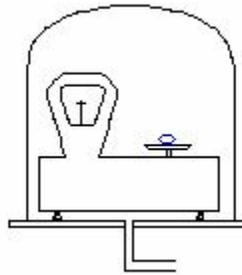
3. Na situação abaixo, uma balança está sendo utilizada em três situações distintas com objetos idênticos: **a)** na superfície da Terra; **b)** na superfície da Terra, conectada a uma bomba de sucção que retira o ar, criando um vácuo quase perfeito e **c)** na superfície da Lua. Explique o que acontecerá com a indicação da balança em cada caso, justificando sua resposta.

FIGURA 41:

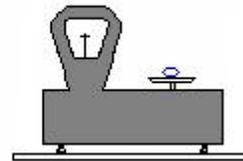
⁶⁵ Voltará a cair?" Esta velha gravura em madeira, extraída da correspondência de René Descartes, ilustra uma experiência proposta pelo Padre Mersenne, contemporâneo e amigo de Galileu, para verificar o comportamento dos corpos que caem. Cohen (1967).



a) Balança na superfície da Terra



b) Balança conectada a uma bomba de vácuo.



c) Balança na superfície da Lua

Queda dos corpos.

4. Discuta o problema da queda de dois corpos de massas diferentes, abandonados de uma mesma altura. Qual deles alcançará o solo primeiro? Por quê?
5. É possível que uma pena e uma bola de boliche caiam ao mesmo tempo? Explique.

Movimento orbital e limite de atuação da força atrativa.

6. Na figura 4 temos um esboço de duas situações: a de um astronauta em uma nave que está em órbita ao redor da Terra e a de um pára-quedista que acaba de saltar de um avião. Explique o movimento do astronauta que parece flutuar no interior da nave e do pára-quedista.

FIGURA 42:

