



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Biologia

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

## **Aprendizagem da Lei da Gravitação Universal com Uso de Hipermídia de Abordagem Histórica**

**Elvis Vilela Rodrigues**

Brasília – DF

Dezembro

2008



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Biologia

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

## **Aprendizagem da Lei da Gravitação Universal com Uso de Hiperímídia de Abordagem Histórica**

**Elvis Vilela Rodrigues**

Dissertação realizada sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Erika Zimmermann e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

Dezembro

2008

## FOLHA DE APROVAÇÃO

ELVIS VILELA RODRIGUES

### APRENDIZAGEM DA LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL COM USO DE HIPERMÍDIA DE ABORDAGEM HISTÓRICA

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 15 de dezembro de 2008.

#### BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Erika Zimmermann  
(Presidente)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Inês Martins  
(Membro externo não vinculado ao Programa – PUC/MG)

---

Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva  
(Membro interno vinculado ao Programa – IQ/UnB)

Dedico este trabalho à minha esposa Fernanda, pelo carinho, amor e extrema dedicação; ao meu pai, fonte eterna de sabedoria e afeto; à minha mãe pelo imenso cuidado, carinho e atenção; ao meu filho Guilherme, que tanto me orgulha e aos meus irmãos, pela eterna admiração.



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por permitir o desenvolvimento desse trabalho com saúde, sabedoria e paz.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Erika Zimmermann pela imensa dedicação, carinho e sabedoria na orientação desse trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, por terem me propiciado um ambiente de extrema sabedoria e por acreditarem que ações como essas podem modificar a realidade da educação de nosso país.

Aos meus amigos do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências, em especial ao Franco, amigo prestativo e dedicado, que sempre me ajudou nessa caminhada.

À Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal por permitir minha frequência no curso.

Aos meus amigos do Núcleo de Monitoramento pedagógico da Diretoria Regional de Ensino de Samambaia, em especial ao professor Ricardo por propiciar discussões que muito contribuíram para a elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos do Colégio Nossa Senhora do Perpétuo Socorro e do Colégio Adventista do Gama, amigos sempre presentes e dedicados.

Aos meus amigos professores Wesley e Eduardo. Wesley amigo para todas as horas. Eduardo o responsável pelo meu retorno aos estudos.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a consolidação

Aquele que quer aprender gosta que  
lhe digam quando está errado; só o  
tolo não gosta de ser corrigido.

PROVÉRBIOS 12:1

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivos produzir, aplicar e investigar a aceitação de uma ferramenta de hipermídia de abordagem histórico-temática para o ensino de gravitação universal em turmas do 1º ano do ensino médio em uma escola da rede privada de ensino do Distrito Federal. Para a construção da hipermídia tomou-se como base o material produzido por Duarte (2006) quando da elaboração de seu trabalho de mestrado em Ensino de Ciências nesse mesmo Programa de Pós-graduação. O material foi desenvolvido e posteriormente utilizado em doze aulas em duas turmas do 1º ano do ensino médio no ano de 2007. Cada aluno recebeu um CD com a hipermídia aonde tiveram a possibilidade de utilizar em casa. A análise dos dados coletados por meio de observações, entrevistas em grupo, filmagens e análise documental; permite concluir que a ferramenta de hipermídia aliada a uma metodologia que visa uma maior participação dos alunos nas aulas, foi aceita de forma satisfatória. O uso do computador através de uma ferramenta de hipermídia, alicerçada em uma abordagem histórico-temática, foi considerado pelos alunos como estimulante para estudar. A ferramenta ajudou a mudar seu comportamento em sala de aula, além de ter contribuído para o melhor rendimento na avaliação de aprendizagem aplicada durante o período.

**Palavras chave:** hipermídia, abordagem histórico-temática, gravitação universal.

## **ABSTRACT**

This paper aims to produce, apply and investigate and enforce the acceptance of a hypermedia tool of historical and thematic approach to teaching Newton's Gravitation, in classes from 1st year of high school in a private school network in federal district. To write this work we used as a basis Duarte's (2006) research work, mainly his teaching material. To accomplish this work we, initially, have studied papers about the development of science teaching; the possibilities for use of history and philosophy of science in science teaching; and the use of computers in the teaching of science and especially in the teaching of physics. After developed, we used this material in twelve lessons at two different 1st year secondary classes in 2007. Each student got a CD with the hypermedia so they had the opportunity to use it at home. Data analysis of observations, group interviews, and documents; suggests that this hypermedia material, combined with a methodology that sought greater students' involvement in classroom, was accepted in a satisfactory manner. The use of computers, through a tool of hypermedia rooted in history-central approach was regarded by students as stimulating to study and has changed their behavior in the classroom, It has contributed to a better performance in learning during the period.

**Key-words:** Hypermedia; historical and thematic approach; universal gravitation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1– Roda de leitura de Agostinho Ramelli

p.82

## LISTA DE TABELAS

- 1- Categorias teóricas p.126
- 2 – Primeira categoria teórica (categorias empíricas e unidades de análise) p.127
- 3 – Segunda categoria teórica (categorias empíricas e unidades de análise) p.127

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 - AlterNex	Serviço brasileiro de internet não-governamental
2 - ARC	Augmentation Research Center
3 - ARPANET	Advanced Research Projects Agency
4 - Backbone	Espinha dorsal da rede de computadores
5 - CADES	Campanha de Aperfeiçoamento do Ensino Secundário
6 - CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
7 - CD	Compact Disc
8 - CECIBA	Centro de Estudos de Ciências da Bahia
9 - CECIGUA	Centro de Ciências da Guanabara
10 - CECIMIG	Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais
11 - CECINE	Coordenadoria do Ensino de Ciências do Nordeste
12 - CECIRS	Centro de Ciências do Rio Grande do Sul
13 - CECISP	Centro de Ensino de Ciências de São Paulo
14 - CERN	Laboratório Europeu de Física de Partículas
15 - CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
16 - EM	Ensino Médio
17 - ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio

18 - ENIAC	Eletronic Numeric Integrator and Calculator
19 - EUA	Estados Unidos da América do Norte
20 - HFS	História Filosofia e Sociologia
21 - HTML	Linguagem de Marcação de Hipertexto
22 - HTTP	HyperText Transfer Protocol
23 - IBM	International Business Machines
24 - IP	Internet Protocol
25 - KMS	Knowledge Management System
26 - LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
27 - LGU	Lei da Gravitação Universal
28 - Links	Navegador web em modo texto
29 - LOGO	Linguagem de programação de computadores
30 - MEC	Ministério da Educação
31 - Memex	Memory Extension
32 - MIT	Massachusetts Institute of Technology
33 - MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
34 - NSF	National Science Foundation
35 - OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
36 - OCEM	Orientações Curriculares para o Ensino Médio
37 - PADCT	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
38 - PC	Personal Computer



39 - PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
40 - PISA	Program for International Student Assessment
41 - PREMEN	Programa de Expansão e Melhoria do Ensino
42 - PSSC	Physical Science Study Committee
43 - SBF	Sociedade Brasileira de Física
44 - SBM	Sociedade Brasileira de Matemática
45 - SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
46 - SBQ	Sociedade Brasileira de Química
47 - TCP	Transport Control Protocol
48 - TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
49 - UnB	Universidade de Brasília
50 - UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
51 - VC	Visualização científica
52 - Wordstar	Software de processamento de textos
52 - WWW	World Wide Web

## SUMÁRIO

Introdução _____	17
1. Contextualização do Pesquisador _____	19
2. O problema _____	21
3. Uso de Hipertexto: Uma das Soluções para o Problema _____	25
4. Estrutura da dissertação _____	25
Capítulo 1 - Ensino de Ciências e a História e Filosofia da Ciência	
1.1. O Ensino de Ciências _____	27
1.2. A História no Ensino de Ciências _____	41
1.3. Reaproximação entre História e Ensino de Ciências _____	43
1.4. Limites de Uso da História da Ciência _____	46
a) Redução da História da Ciência a Nomes, Datas e Anedotas _____	49
b) Concepções sobre o Método Científico _____	50
c) Uso de Argumentos de Autoridade _____	51
1.5. Potencialidades de HFS no Ensino de Ciências _____	53
1.6. Opiniões contrárias ao uso de HFS no Ensino de Ciências _____	55
1.7. História da Ciência para o Ensino da Física _____	56
Capítulo 2 – Computador - Ferramenta de Ensino-Aprendizagem da Física	
2.1. Computador na Escola _____	59
2.2. Computador como Ferramenta de Aprendizagem _____	60
2.3. Computador na Educação: Visões Críticas _____	61
2.4. Aplicações do computador no Ensino da Física _____	64

2.5. Potencialidades do uso do computador no Ensino da Física _____	65
2.6. Computador no Ensino da Física - Limitações _____	67
2.6. Modos de utilização do computador no Ensino da Física _____	69
2.6.1. Aquisição de dados _____	70
2.6.2. Modelização e Simulação _____	71
2.6.3. Multimídia _____	74
2.6.4. Realidade Virtual _____	76
2.6.5. Internet _____	77
2.7. – O Computador e o Processo Ensino-Aprendizagem _____	80

### Capítulo 3 - O Hipertexto

3.1. Surgimento de novos Gêneros Textuais em ambientes virtuais _____	92
3.2. Características Básicas do Hipertexto _____	97
3.3. Vantagens e desvantagens do Uso do hipertexto _____	100

### Capítulo 4 – O Caminho Metodológico

4.1. Objetivos da Dissertação _____	103
4.2. Questão da pesquisa _____	104
4.3. Abordagem Qualitativa _____	105
4.4. Técnicas de Coleta de Dados _____	106
4.4.1. Observação Participante _____	107
4.4.2. Análise documental _____	108
4.4.3. Entrevistas _____	108
4.5. Trabalho de Campo: Atividades Desenvolvidas _____	109
4.5.1. Caracterização da escola pesquisada _____	110
(a) Primeira Aula _____	111
(b) Segunda Aula _____	117
(c) Terceira Aula _____	119
(d) Quarta Aula _____	120
(e) Quinta aula _____	121
(f) Sexta aula _____	122
(g) Sétima aula _____	122
(h) Oitava aula _____	122
(i) Nona aula _____	122

(j) Décima aula	123
(k) Décima primeira aula	123
(l) Décima segunda aula	123

## Capítulo 5 – Análise dos Dados

5.1. Definição das categorias e unidades de análise	125
5.2. Análise dos Dados	128
<u>Considerações Finais</u>	<u>135</u>
<u>Referências Bibliográficas</u>	<u>137</u>
<u>Anexo</u>	<u>148</u>
<u>Apêndice</u>	<u>184</u>

## Introdução

Esse trabalho tem como objetivo a produção e aplicação de uma ferramenta de multimídia – hipermídia - para a aprendizagem da Lei da Gravitação Universal. Essa ferramenta foi planejada para ser usada, nas aulas de Física, de duas turmas de 1º ano do Ensino Médio, de uma escola da rede privada de ensino de Brasília.

Essa ferramenta hipermídia nasce do entrelaçamento de duas linhas de pesquisa da área de Ensino da Física: uso do computador como meio mediacional e abordagem histórico-temática. Cada uma dessas áreas dispõe de uma ampla bibliografia, com pontos de contato, o que facilita a construção do diálogo entre elas. A tentativa de construir uma ferramenta de Ensino da Física a partir da interlocução entre o uso do computador e a abordagem histórico-temática da Ciência é bastante complexa, no entanto, é justamente esse desafio que torna esse trabalho interessante.

Na medida em que essa dissertação se inscreve no âmbito da discussão, planejamento e construção de uma ferramenta para o Ensino da Física, seus resultados podem ser diretamente aplicados na sala de aula, fornecendo subsídios importantes para os professores de Física de uma maneira geral, bem como para aqueles que se interessam por novas metodologias para o Ensino da Física. Portanto, é aqui proposto o uso de uma ferramenta de aprendizagem de multimídia como complemento às atividades desenvolvidas nas aulas de Física de 1º ano do Nível Médio. O principal objetivo desse trabalho é planejar, construir e levar para a sala de aula um material hipermídia, de abordagem histórico-temática, para aprendizagem da Lei da Gravitação Universal de Newton. Uma vez pronto o material de aprendizagem, se investiga como os alunos aceitam e adotam o material e sua abordagem. Assumimos que o uso desse material, em consonância com as outras atividades desenvolvidas nas aulas de Física, pode promover:

- Motivação do aluno para aprender; e

- Superação de dificuldades para aprenderem a Lei da Gravitação Universal e suas conseqüências.

Em particular, queríamos avaliar a aceitação dos alunos, quando do uso do material, para aprenderem os conceitos físicos envolvidos na lei da Gravitação Universal – e das leis de Newton – com a utilização da hipermídia.

O tema Gravitação Universal foi escolhido por dois motivos. Sabe-se, em primeiro lugar, que os alunos apresentam problemas de aprendizagem dos conceitos relacionados com o tema (ARTUSO; BRITO; GARCIA, 2007; PEDUZZI; PEDUZZI, 1985; SOUZA; MOREIRA, 2004; ZYLBERSZTAJN, 1983). Isso se deve, principalmente, as dificuldades que os alunos têm para compreenderem as Leis de Newton, em particular a Terceira Lei (PIMENTEL, 2007; SILVA FILHO. et al., 2005; TALIM, 1999). Em segundo lugar, o tema Gravitação se presta muito bem para ser contextualizado através da abordagem histórica e temática, na qual o objeto de estudo são os “satélites”.

Para a construção da ferramenta hipermodal, revisamos a literatura em busca de publicações sobre aplicações de hipertexto/hipermídia, no ensino em geral, e no Ensino da Física, em particular. Portanto, buscamos na literatura trabalhos que tinham como tema o uso do computador no processo de ensino-aprendizagem.

Para que pudéssemos entender como se deu o uso da hipermídia, com alunos do 1º ano do Ensino Médio, e como eles percebem esse uso, desenhou-se uma metodologia de pesquisa qualitativa. Tendo em mente o nosso objetivo de pesquisa – vantagens e desvantagens do uso de um material multimídia de abordagem histórico-temática e, delimitado o tema de aprendizagem da Lei da Gravitação Universal, optamos por uma metodologia quase-experimental (COHEN; MANION, 1992) para examinar o impacto dessa ferramenta. Como ferramentas de coleta de dados foram empregadas à observação, as entrevistas e a coleta de documentos, como os testes e outras avaliações dos alunos.

## **1. Contextualização do Pesquisador**

Para mim parece que começamos a aprender a ensinar quando ingressamos na escola e que nos interessamos por educação a partir de então. No entanto, durante minha caminhada acabou acontecendo um profundo descontentamento com a educação. Foi essa insatisfação, em particular com a forma como era o Ensino da Física, que acabou por me levar a ser professor dessa disciplina. Devo acrescentar que haviam exceções, e que justamente por isso, ainda as lembro. No entanto, as aulas de Física que assisti, em sua grande maioria, eram pouco motivadoras, desconexas da realidade, nada desafiadoras e absolutamente desestimulantes. A maioria dos meus colegas entendia logo a regra do jogo e por isso perguntava “professor o que vai cair na prova?”.

Antes de explicar o porquê de estar aqui buscando uma melhor qualificação para ensinar Física, gostaria de voltar a minha época de aluno do Ensino Médio, pois meu contato com essa disciplina foi extremamente frustrante. Era aluno de uma escola pública da rede de ensino do Distrito Federal, da qual atualmente sou professor, e tanto naquela época, quanto na atualidade ainda acontece, uma grande parte dos docentes de Física não era do quadro de professores efetivos, e sim contratado por tempo determinado. Meus professores de Física trabalharam muito pouco e de forma maçante – tipo “decoreba” - o conteúdo de Física do primeiro ano do Ensino médio. Era assim que se começava a estudar Física no Ensino Médio (EM). Se no primeiro ano é assim, imagine como é no terceiro ano, imagine o estímulo que resta aos alunos no terceiro ano.

Muitos dos meus professores, por não serem efetivos, não tinham tempo para se dedicarem a planejar e, assim, acabavam cumprindo o mínimo. Não por culpa deles. O máximo que chegamos ao final do primeiro ano foi ao estudo do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), de Newton não ouvi falar.

Nos outros anos isso pouco mudou. Claro que acabei tendo contato com um número um pouco maior de conteúdos, mas ao término do Ensino Médio

me lembrava muito pouco de tudo que o professor havia “passado”. Basicamente, fui preparado para prestar o exame vestibular.

Comecei a entender um pouco da Física a partir do meu próprio esforço. Por exemplo, durante o Ensino Médio, tive contato com revistas de divulgação científica, algo que me estimulou a estudar para entender um pouco da Física. Atualmente, percebo que esse estímulo era derivado da forma como o conhecimento é trabalhado nessas revistas, que difere muito da abordagem utilizada nos livros didáticos da época. Os livros didáticos traziam, alguns ainda trazem, o conteúdo de forma maçante, sem estabelecer associações com outros conceitos relevantes, levando a uma aprendizagem, puramente, mecânica. O professor em sala de aula não trabalhava de forma diferente, afinal, usava o livro sem inovação.

Não satisfeito com os conhecimentos físicos adquiridos no Ensino Médio e estimulado pelos artigos de divulgação científica, decidi cursar Licenciatura em Física. Entendia que muitas de minhas dúvidas seriam sanadas nesse curso. Assim, durante a graduação tive contato com a Física de forma totalmente diferente da que havia tido até então no Ensino Médio. Lá, consegui ver a aplicabilidade dos conceitos físicos ensinados, e atualmente vejo que os aspectos fundamentais de minha aprendizagem se deviam à boa formação dos professores e, conseqüentemente, à forma como o conteúdo era por eles trabalhado.

Comecei a dar aulas de Física no Ensino Médio antes mesmo de terminar a Licenciatura. A partir de então, outra fase se iniciou em minha vida. Como professor, comecei a ficar chocado com a grande dificuldade dos alunos para aprender Física. Os anos se passavam e a realidade era sempre a mesma, meus alunos não conseguiam desenvolver algumas habilidades mínimas, tais como: identificar variáveis, analisar gráficos simples, nem tampouco compreendiam fatos históricos e ou geográficos. Meus alunos eram desmotivados e se preocupavam tão somente em serem aprovados, não em aprender. Minha culpa? Acho que sim, e devo concluir: a abordagem que uso não motiva meus alunos a aprenderem. Que fazer para melhorar? Que fazer para que meus alunos aprendam?



Procurava modificar minhas aulas, mas não conseguia atingir os resultados esperados. Percebi que estava na hora de procurar melhor qualificação. Comecei a achar que o problema era bem maior, algo deveria estar errado com minha prática docente. Foi durante essa crise que tive contato com a divulgação da inscrição para o mestrado em Ensino de Ciências. Não pensei duas vezes, fiz a inscrição e fui selecionado.

Na atualidade, sinto estar começando a trilhar um caminho que poderá responder às minhas perguntas. Esse trabalho de mestrado me coloca outros óculos e com esses consigo ver coisas que não enxergava. Com essas novas lentes tenho buscado desenvolver um trabalho que auxilie não só a minha prática, mas a de meus colegas de profissão. Tenho discutido com eles as novas formas de ensino-aprendizagem, temos refletido sobre a efetividade de novas abordagens.

O que me trouxe, portanto, ao mestrado foi uma imensa vontade de entender como se dá o processo de aprendizagem de Física para grande maioria dos alunos do Ensino Médio e, assim, poder, de alguma forma, ajudar. Inicialmente fiz a seguinte pergunta: o que é possível fazer para motivar os à estudarem Física?

## **2. O problema**

No dia 29 de novembro de 2007 foi divulgado o resultado parcial da maior avaliação mundial de letramento<sup>1</sup> em ciências do Programa Internacional de Avaliação de Alunos, PISA (sigla de Program for International Student Assessment), de 2006. Faz parte do programa uma pesquisa trienal de conhecimentos e competências de estudantes na faixa dos 15 anos de idade, realizada nos países da OCDE (Organização para Cooperação e

---

1 Letramento em ciências - é a capacidade de utilizar conhecimentos científicos, de identificar questões e tirar conclusões baseadas em evidências para compreender o mundo natural e ajudar a tomar decisões sobre ele e sobre as transformações que esse mundo sofre em função da atividade humana.

Desenvolvimento Econômico) e em países convidados. Produto da colaboração entre os países participantes, por intermédio da OCDE, o PISA parte de conhecimento (expertise) de ponta, de nível internacional, para desenvolver comparações válidas entre culturas e países.

Em 2006, o PISA avaliou as competências de mais de 400.000 estudantes em 57 países, por meio de um teste abrangente com duas horas de duração. O foco recaiu sobre a área de Ciências, mas a avaliação incluiu também Leitura e Matemática, além de informações sobre os estudantes e suas famílias e os fatores institucionais que, possivelmente, explicam as diferenças de desempenho. Esse resultado, preocupante, foi, durante muitos dias, destaque na mídia. Entre os 57 países que participaram da avaliação, os alunos brasileiros, de escolas públicas e privadas, ficaram classificados na 52<sup>a</sup> posição. Desempenho superior apenas aos dos estudantes da Colômbia, Tunísia, Azerbaijão, Catar e Quirguistão, último colocado.

Uma das propostas do PISA é testar conhecimentos e habilidades necessários em situações da vida real. As avaliações examinam o desempenho alcançado pelos alunos em três domínios (Leitura, Matemática e Ciências), abordando-os em situações para além do contexto escolar.

Os resultados do PISA mostram o que nós professores temos constatado diariamente em nossas aulas: os alunos lêem pouco, interpretam mal o que lêem e, ainda, têm dificuldade de expressar em linguagem própria o que entendem da leitura. A avaliação do letramento científico do PISA nos leva a concluir que os alunos do Ensino fundamental apresentam dificuldades quando solicitados a identificar questões e tirar conclusões que os ajudem a entender o mundo natural e as conseqüentes mudanças ocasionadas pela ação humana.

Não só os alunos do Ensino Básico apresentam esse perfil. Segundo um estudo, desenvolvido pela Academia Brasileira de Ciências (ABC), os professores universitários constatam que:

(...) a grande maioria dos estudantes, mesmo quando oriundos de escolas consideradas de boa qualidade, terminam sua educação básica e chegam ao ensino superior com graves deficiências em sua

capacidade de fazer uso de informações e conhecimentos de tipo científico para entender o mundo que os circunda e resolver problemas e questões que lhes são colocados (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 2007, p.7).

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) tem mostrado resultados bem parecidos com o do PISA. O ENEM, um exame de caráter voluntário, oferecido a estudantes que tenham ou estão concluindo o Ensino Médio também tem mostrado que a grande maioria dos estudantes termina o Ensino Básico com sérias deficiências.

Quais as origens dos problemas de aprendizagem dos nossos alunos?

Segundo a UNESCO<sup>2</sup> (2005) o Ensino de Ciências na escola brasileira tem sido tradicionalmente livresco e descontextualizado, levando o aluno a decorar, sem compreender os conceitos e a aplicabilidade do conteúdo estudado.

Concluimos que o Ensino de Ciências, em nível básico, carece de mudanças. O livro texto não pode continuar sendo a única fonte de informação, há que se diversificar os meios mediacionais de ensino. É urgente tornar as aulas de ciências mais interessantes e atraentes. É necessário relacionar o conteúdo ensinado em sala de aula com o que o aluno presencia em seu cotidiano. Os alunos precisam ver sentido no que estudam.

Para a Academia Brasileira de Ciências o Ensino de Ciências naturais deve focar-se:

(...) no sentido da compreensão da natureza e do meio em que vivemos. A compreensão deve se assentar sobre a noção de que todo o conhecimento nas ciências naturais se deriva da observação e da experimentação e que ainda há muito a ser estudado. Assim desde o início do ensino fundamental os alunos devem aprender a observar, tirar conclusões, formular hipóteses, experimentar e verificar suas conclusões. A curiosidade natural e a criatividade dos alunos devem ser estimuladas. Esse é um processo lento – incompatível com programas de conteúdo extenso – mas que deixa uma base sólida sobre a qual o futuro poderá ser construído. É importante, que o aluno compreenda fenômenos que ocorrem ao seu redor, razão pela qual começar pelo estudo da realidade do aluno é

---

<sup>2</sup> UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

um instrumento desejável e eficaz (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 2007, p.36).

Somente ações propositivas, que assegurem uma educação científica de qualidade nas escolas, poderão fazer face à dramática situação nacional, mostrada pelas avaliações do PISA e ENEM, e evitar um atraso ainda maior no que se refere ao desenvolvimento econômico e social da população (UNESCO, 2005). A UNESCO afirma que o governo deve assumir políticas de educação científica e tecnológica considerando as seguintes diretrizes:

- Fortalecer a escola como foco de transformação, criando ambos, ambientes e clima, propícios para a aprendizagem em ciência e tecnologia;
- Oferecer aos docentes de Ciências um plano sistêmico de formação em serviço, que assegure a inter-relação teoria-prática, o acompanhamento ao longo de todo o processo de formação e a reflexão permanente, bem como a troca de experiências sobre a prática pedagógica e os resultados do desempenho dos alunos;
- Promover o trabalho conjunto e integrado de formadores, professores, diretores de escolas, coordenadores e investigadores, propiciando a construção coletiva do conhecimento científico;
- Disponibilizar para os alunos materiais diversos que estimulem a curiosidade científica e promovam a aprendizagem com base na busca, indagação e investigação. O estímulo à curiosidade deve ser o motor do ensino-aprendizagem;
- Incentivar a popularização da ciência mediante o uso intensivo de novas tecnologias da informação e da comunicação.

Inúmeras pesquisas têm como tema as dificuldades de aprendizagem de Física (ARAÚJO; VEIT; MOREIRA, 2004; FIOLEAIS; TRINDADE, 2003; MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002; MOREIRA; KREY, 2006). Muitos desses estudos demonstram o fracasso generalizado do Ensino da Física em nossas escolas (ALMEIDA; BARROSO; FALCÃO, 2002). Para muitos a falta de interesse, ou a dificuldade, dos alunos em aprender Física é decorrente de um ensino tecnicista, baseado em resolução de problemas, pouco relacionado com

o cotidiano dos alunos e, portanto, sem nenhum significado para eles (HARTMANN, 2007; DUARTE, 2006). Quais podem ser as possíveis soluções para melhorar a aprendizagem da Física?

### ***3. Uso de Hipertexto: Uma das Soluções para o Problema***

Como será visto neste trabalho, existem várias formas de se tentar solucionar o problema da aprendizagem dos alunos, o uso do computador como ferramenta pedagógica é uma delas. Essa idéia veio como consequência da leitura do trabalho de dissertação de Duarte (2006).

Como uma das minhas frustrações foi não ter visto o conteúdo de Gravitação no Ensino Médio e os alunos apresentarem dificuldades não só no estudo de Gravitação como também de alguns conceitos físicos envolvidos – como as leis de Newton - resolvi trabalhar, nessa dissertação, com esse conteúdo. Assim, pensou-se em desenvolver uma ferramenta multimídia, para aprendizagem da Gravitação Universal de abordagem histórica, inspirada na dissertação de Duarte (2006).

O uso do computador no Ensino da Física é algo que, como veremos posteriormente, tem apresentado resultados, porém ainda carece de pesquisas que evidenciem o seu real potencial. O próprio trabalho realizado por Duarte (2006) foi somente avaliado por alguns professores de Física, Filosofia e História, não chegando a ser utilizado com os alunos.

Diante da avaliação feita no material proposto por Duarte (2006), concluímos que seria de grande valia reformularmos o material em outra linguagem – passando de slides de “PowerPoint” para uma hipermídia, objetivando aplicarmos o material nas aulas de Física. O trabalho visava não só solucionar o problema da aprendizagem dos alunos, mas, também, confeccionar um material para ser utilizado pelos professores de Física.

### ***4. Estrutura da dissertação***

A dissertação foi dividida em quatro capítulos. No primeiro capítulo trataremos da evolução do Ensino de Ciências no Brasil e das potencialidades e limites do uso da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências.

No segundo capítulo iremos explorar as potencialidades propiciadas à aprendizagem pelo uso do computador no Ensino em geral e em especial no Ensino da Física. Faremos uma discussão inicial quanto aos aspectos positivos do uso do computador como ferramenta de ensino e posteriormente apresentaremos algumas visões críticas quanto a esse uso. O capítulo termina com a apresentação dos possíveis modos de utilização do computador no Ensino da Física.

O terceiro capítulo foi destinado ao estudo do hipertexto/hiperímia. Iniciaremos o capítulo com a apresentação da evolução da escrita e os conseqüentes efeitos sociais. Logo após, iremos discutir o surgimento de novos gêneros textuais em ambientes virtuais; apresentaremos as características básicas do hipertexto e as vantagens e desvantagens de seu uso de forma geral e em especial como ferramenta de ensino.

O quarto e último capítulo foi destinado à apresentação do caminho metodológico da pesquisa. Iniciaremos o capítulo tratando dos objetivos da pesquisa e da definição do tipo de pesquisa que iremos desenvolver. Posteriormente, discutiremos as atividades desenvolvidas no trabalho de campo. Finalizaremos o capítulo com a apresentação e análise dos resultados.

## **Capítulo 1 - Ensino de Ciências e a História e Filosofia da Ciência**

Na introdução desta dissertação foram discutidos alguns dados retirados de relatórios do PISA, do ENEM e da UNESCO sobre o Ensino de Ciências com o intuito de justificar o presente trabalho. Para uma maior contextualização, também, foi discutido o caminho percorrido por esse pesquisador até chegar ao mestrado, apontando assim quais foram suas frustrações e reflexões que o fizeram identificar o problema do fracasso dos alunos do Ensino Médio para aprenderem Física. Dessas reflexões foi proposto o planejamento e construção de uma ferramenta multimídia facilitadora da aprendizagem dos alunos do conteúdo Gravitação Universal.

Esse capítulo tratará, portanto, da fundamentação teórica necessária ao planejamento e construção de uma hipermídia para o ensino-aprendizagem da Gravitação Universal com abordagem histórica. Portanto, será feita nesse capítulo uma discussão mais aprofundada sobre o Ensino de Ciências, a Natureza da Ciência e os limites e potencialidades da abordagem histórica no Ensino de Ciências. É necessário lembrar que o capítulo se inicia pela discussão filosófica, pois, como veremos, não há como discutir Ensino de Ciências e/ou abordagem histórica a este Ensino sem uma fundamentação na filosofia da ciência. Ambos, Ensino de Ciências e História da Ciência, são diretamente influenciados pelas visões de natureza da ciência vigentes em cada época.

### **1.1. O Ensino de Ciências**

Três acontecimentos afetaram a visão da natureza da ciência no mundo ocidental: a Contra-reforma; a Revolução Industrial e a Segunda Guerra Mundial.

Segundo o filósofo Pablo Rubén Mariconda, foi Francis Bacon, durante a Contra-Reforma, o grande contribuidor para a institucionalização da ciência. Para Mariconda,

Bacon não contribuiu com nenhuma realização científica, pelo contrário, as suas posições eram até bastante tradicionalistas. Sua grande contribuição é na idéia da institucionalização da ciência, no uso que o Estado poderia fazer desse conhecimento científico para o desenvolvimento material do homem, para a satisfação das necessidades materiais. Em Bacon há uma perspectiva utilitarista da ciência e ele vê bem que essa ciência que está nascendo precisa ser institucionalizada (2001, s/n).

Parece bem mais claro que a Revolução Industrial (século XVII) tenha sido decisiva para uma nova visão da ciência, pois precipitou a profissionalização da ciência. Finalmente, a Segunda Guerra Mundial, moldou a socialização da ciência (AIKENHEAD, 1994). Foi a partir dessa Guerra que se passou a reconhecer a importância da ciência e da tecnologia para a economia das sociedades mundiais. E como consequência veio o reconhecimento da importância do ensino científico e tecnológico, conduzindo à criação de unidades escolares autônomas em áreas como Física, Química e Geologia e a, conseqüente profissionalização de professores para lecionar estas áreas do conhecimento. O estudo da Biologia, no entanto, foi introduzido mais tarde (CANAVARRO, 1999).

No Brasil, esse reconhecimento, também, aconteceu nos anos 1950 no período pós-guerra. Nessa época, o país passava por um período de industrialização e de grande agitação política, de luta contra um governo militar ditatorial. A educação básica<sup>3</sup> era dividida em cursos primário, ginásial e colegial, na atualidade correspondendo, respectivamente, ao Ensino Fundamental (primário e ginásial), e aos três anos do Ensino Médio (colegial). O curso ginásial, de caráter propedêutico<sup>4</sup>, tinha como objetivo, oferecer aos alunos a possibilidade de continuidade dos estudos. As disciplinas científicas Física, Química e História natural, até os anos 1950, apareciam somente no currículo do curso colegial (KRASILCHIK, 1987), demonstrando o seu peso irrelevante no currículo Brasileiro. Isso é uma característica histórica.

Desde a época dos Jesuítas, o Ensino de Ciências no Brasil tem sido extremamente teórico, baseado no livro texto e com grande ênfase na

---

<sup>3</sup> O ensino básico compreende hoje a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio.

<sup>4</sup> É propedêutico o ensino que serve de introdução para os próximos estudos.



memorização. Foi durante os anos 1950 o início de um movimento clamando pela substituição desses métodos teóricos de transmissão de informações. Para Krasilchik (1987), as modificações reclamadas para o Ensino de Ciências centravam-se em alguns pontos básicos:

(1) A expansão do conhecimento científico, ocorrida durante a guerra, não tinha sido incorporada pelos currículos escolares. (2) Grandes descobertas nas áreas de física, química e biologia, permaneciam distantes dos alunos das escolas primária e média que, nas classes, aprendiam muitas informações já obsoletas. (3) A inclusão, no currículo, do que havia de mais moderno na ciência, para melhorar qualidade do ensino ministrado a estudantes que ingressavam nas universidades, tornara-se urgente, pois possibilitaria a formação de profissionais capazes de contribuir para o desenvolvimento industrial, científico e tecnológico. (4) A finalidade básica da renovação era formar uma elite que deveria ser melhor instruída a partir dos primeiros passos de sua escolarização. (5) As mudanças curriculares incluíam a substituição dos métodos expositivos pelos chamados métodos ativos, dentre os quais tinha preponderância o laboratório. (6) As aulas práticas deveriam propiciar atividades que motivassem e auxiliassem os alunos na compreensão de conceitos (p.7).

Essa busca por uma maior socialização da ciência, que veio acontecer após a Segunda Guerra Mundial, teve como base os projetos de Ensino de Ciências adotados em alguns países ocidentais e, posteriormente, trazidos para o Brasil. Podemos citar como exemplo o curso de Física do PSSC (Physical Science Study Committee), traduzido e adaptado pelo IBEEC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura) e publicado pela Editora da Universidade de Brasília (UnB). Embora esse projeto tenha sido desenvolvido nos Estados Unidos, constitui-se num bom ponto de partida para uma breve análise retrospectiva do Ensino de Ciências em nível médio no Brasil.

O PSSC era um projeto de renovação curricular para o Ensino da Física nas escolas secundárias norte-americanas, renovação estimulada pelo lançamento do Sputnik em 1957. O lançamento desse satélite pela, na época, União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, levou o governo dos Estados Unidos da América do Norte (EUA) a questionar o Ensino de Ciências no país, a partir da demonstração da superioridade soviética nas ciências.

Nessa mesma época os trabalhos de Piaget começaram a ser conhecidos e, de uma forma ou outra, acabam servindo de fundamentação teórica para as reformas curriculares dos anos 1960 e dentro dessas os

projetos de Ensino de Ciências, que contavam com o apoio da fundação americana de ciência, a NSF - National Science Foundation (ZIMMERMANN, 1992). Essas reformas enfatizavam a aprendizagem científica através das atividades práticas. Isto aconteceu primeiro nos Estados Unidos, depois na Grã-Bretanha e, então, espalhou-se pelo mundo. No Brasil, a mesma ênfase pode ser vista no final dos anos 1960 quando muitos projetos Britânicos e Americanos, como o PSSC e o Nuffield, foram aqui introduzidos (ZIMMERMANN, 1992).

Assim, durante os anos 1960 planejadores de currículo iniciaram uma mudança de uma ênfase do Ensino de Ciências, focada nos conteúdos para uma centrada na atividade prática - era a ciência vista como processo. Ficou claro, para muitos, que este tipo de ênfase de "ciência como processo" é baseada numa idéia indutivista de ciência (Millar; Driver, 1987). De acordo com Wellington (apud ZIMMERMANN, 1992), um dos maiores problemas desses métodos de ensino é se fundamentarem em falsas suposições da natureza da ciência e da atividade científica (abstracionismo, indutivismo e empirismo). A literatura de Ensino de Ciências destaca o fato de que as reformas curriculares que apoiaram esses métodos eram baseadas em diversas contradições e confusões. Cawthron and Rowell (apud ZIMMERMANN, 1992) afirmam que essas incompatibilidades ocorreram devido à interpretação dada à teoria de Piaget - sua posição epistemológica foi incorretamente interpretada. Piaget como um opositor do indutivismo, defendia a ciência como sendo hipotético-dedutivista. Sua afirmação "pensamos, agimos com conhecimento, lutamos por maior conhecimento" pode ser claramente reconhecida como sendo a de um cientista popperiano, um "solucionador de problemas". As teorias de Piaget não tinham como objetivo refletir sobre educação. No entanto, seu trabalho acabou levando a um interesse sobre as idéias trazidas pelos alunos para a sala de aula científica (ZIMMERMANN, 1992), ou seja, interesse pelas concepções prévias dos alunos.

Foi, portanto, no meio dessa confusão epistemológica que surgiu o PSSC. Moreira (2000) argumenta que:

(...) o PSSC não era, simplesmente, um novo livro de Física para a escola média, era muito mais. Era um projeto curricular completo, com materiais instrucionais educativos inovadores e uma filosofia de ensino de física que destacava procedimentos metodológicos e tinha material experimental. Até essa época, o ensino de Física era baseado nos livros de texto, havia pouca atividade experimental. Os livros utilizados nessa época eram: Introdução à física de Maiztegui e Sábato (1951), Física na escola secundária de Blackwood, Herron e Kelly (1958) e Introdução à Eletricidade, ao magnetismo e à óptica, de R.A. Salmeron (1961). Esses livros eram bons, sem dúvida, mas, hoje, podem ser considerados exemplares do paradigma, dos livros que foram substituídos pelos dos projetos (p. 94).

Moreira (2000) acredita que o PSSC foi bem claro no que diz respeito a como ensinar Física, por meio de experimentos, demonstrações e projetos. O grande problema, no entanto, não só do PSSC, mas também dos outros projetos de ensino seguidores do mesmo molde, foi o fato de não conseguirem responder a pergunta: como os alunos iriam aprender? Sabia-se como ensinar, mas não como se aprenderia com os projetos. Não se levou em conta que a aprendizagem é dependente do ensino, que não existe ensino sem aprendizagem e, por melhor que seja o material didático, a aprendizagem não é uma consequência natural. Moreira (2000) aponta algo que devemos levar em consideração para o ensino de qualquer disciplina, não basta fornecer o livro didático e os materiais de apoio para o aluno e para o professor. Aprendizagem não é consequência de livros e materiais didáticos. Esse processo não gira simplesmente em torno do material didático utilizado. Aspectos internos e externos, tais como: a idade-série dos alunos, o turno em que as aulas acontecem, as condições sócio-econômicas das famílias atendidas, a estrutura física das instituições de ensino entre outros, também, influenciam esse processo.

Segundo Krasilchik (1987), o “movimento institucionalizado em prol da melhoria do Ensino de Ciências” ocorrido no Brasil antecedeu aquele dos americanos, pois, em 1950, havia sido organizado no país o IBCEC – Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura, sob liderança de Isaias Raw. O Instituto centrou-se na atualização dos conteúdos ensinados e na preparação de material para uso em aulas de laboratório. No entanto, essas reformas, que incentivavam o uso de material de laboratório, encontraram barreiras no número de aulas das disciplinas e nos programas oficiais, determinados de forma rígida pelo Ministério da Educação (MEC), em âmbito nacional. Nesses

programas não havia aulas suficientes para que os alunos pudessem ter aulas práticas. Além disso, nesse período, no Brasil, poucos eram os professores licenciados, ficando a docência a cargo de profissionais, tais como médicos e engenheiros. Assim, visando proporcionar qualificação para esses profissionais, o Ministério da Educação começou a promover cursos de capacitação de professores, pela CADES - Campanha de Aperfeiçoamento do Ensino Secundário (KRASILCHIK, 1987).

Na década de 1960, caracterizada pela guerra fria, as transformações políticas e sociais contribuíram de forma decisiva para mudanças na estrutura curricular do Ensino de Ciências. Essas mudanças ainda têm sua ênfase nas atividades experimentais, pois tem como um de seus objetivos a vivência do “método científico”, mas, buscando agora a formação do cidadão e não simplesmente à preparação do futuro cientista (KRASILCHIK, 1987). Nessas novas mudanças no ensino, a ênfase exagerada dada ao manuseio de materiais por parte do aluno é substituída pela participação ativa do educando na resolução de problemas, partindo de dados previamente fornecidos pelo professor ou pelo livro texto (KRASILCHIK, 1987).

Com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 1961, o currículo de ciências no Brasil é ampliado. É introduzida a disciplina de iniciação à ciência, desde a primeira série do, então, curso ginasial e são aumentadas às cargas horárias de disciplinas como Física, Química e Biologia. As ações para a melhoria do Ensino de Ciências e Matemática foram disseminadas pelo país nesse período, com a implantação, sob os auspícios da UNESCO, de seis Centros de Ciências entre 1963 e 1965: O CECISP<sup>5</sup> - em São Paulo; o CECIGUA<sup>6</sup> – no antigo Estado da Guanabara, atual Rio de Janeiro; o CECINE<sup>7</sup> – no Nordeste (primeiro a ser implantado); o CECIMIG<sup>8</sup> – em Minas Gerais; o CECIRS<sup>9</sup>, no Rio Grande do Sul e o CECIBA<sup>10</sup> na Bahia.

---

<sup>5</sup> CECISP - Centro de Ensino de Ciências de São Paulo.

<sup>6</sup> CECIGUA - Centro de Ciências da Guanabara.

<sup>7</sup> CECINE - Coordenadoria do Ensino de Ciências do Nordeste.

<sup>8</sup> CECIMIG - Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais.

<sup>9</sup> CECIRS - Centro de Ciências do Rio Grande do Sul.

<sup>10</sup> CECIBA - Centro de Estudos de Ciências da Bahia.

Era função desses centros de ciências a organização de cursos de capacitação de professores e a produção de material (KRASILCHIK, 1987).

Para o sucesso dessas medidas era necessário que se fizesse a capacitação de professores concomitantemente com a produção do material, pois, segundo Krasilchik (1987),

(...) tomava-se como premissa básica para o sucesso do material, e conseqüente transformação no ensino, apenas sua qualidade, esquecendo-se da difusão do material. Esse último problema acaba sendo sanado com a intensificação dos cursos de atualização dos professores (p.12).

Nessa busca de caminhos para melhorar o Ensino de Ciências no Brasil, surge uma nova comunidade acadêmica – a dos pesquisadores Ensino de Ciências – uma área que estaria na fronteira entre educação e ciência e que iria se preocupar prioritariamente com o significado das disciplinas científicas no currículo. O nascimento dessa comunidade leva ao aparecimento e ressurgimento de revistas destinadas a área de Ensino de Ciências e de uma nova organização e reestruturação dos cursos de graduação, voltados para a formação de professores de ciências, além do surgimento de cursos de pós-graduação na área (KRASILCHIK, 1987).

Outros acontecimentos importantes, que contribuíram para a melhoria do Ensino de Ciências e matemática no Brasil, foram “o surgimento, na década de 1970, de grupos de pesquisa e ensino no Instituto de Física da USP, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e de Ensino de Matemática na Universidade Federal de Pernambuco” (KRASILCHIK, 1987).

O período de 1970 a 1980, no âmbito sócio-econômico, é marcado pela crise energética mundial. Assim, a educação ambiental passa a ser tratada como ponto de interesse e o Ensino de Ciências, com o objetivo de discutir os impactos causados pelo desenvolvimento científico.

Os antecedentes da crise ambiental da década de 1970 manifestarem-se ainda nas décadas de 1950 e 1960, diante de episódios como a contaminação do ar em Londres e Nova York, entre 1952 e 1960, os casos fatais de intoxicação com mercúrio em Minamata e Niigata, entre 1953 e 1965, a diminuição da vida aquática em alguns dos Grandes Lagos norte-americanos, a morte de aves provocada pelos efeitos secundários imprevistos do DDT e outros pesticidas e a contaminação do mar em grande escala, causada pelo

naufrágio do petroleiro Torrei Canyon, em 1966. Esses acontecimentos, entre outros, receberam ampla publicidade, fazendo com que países desenvolvidos temessem que a contaminação já estivesse pondo em perigo o futuro do homem. Ainda não se falava de Educação Ambiental, mas os problemas ambientais já demonstravam a irracionalidade do modelo de desenvolvimento capitalista (MEDINA, 2008, s/n).

Em 1971, bem no início dessa crise que é promulgada a lei 5692. Com essa lei o sistema educacional brasileiro passa por grandes mudanças, tais como:

- A escola secundária passa a servir agora não mais à formação do futuro cientista ou profissional liberal, mas principalmente do trabalhador; e
- O currículo fica atravancado por disciplinas chamadas instrumentais ou profissionalizantes.

Para Krasilchik (1987):

(...) o currículo, com excesso de disciplinas, determinou a fragmentação e, em alguns casos, o esfacelamento das disciplinas científicas, sem que houvesse correspondente benefício na formação profissional. O curso secundário perdeu a identidade e uma das conseqüências foi a desvalorização da escola pública, pois as instituições privadas resistiram às mudanças, burlando a lei e mantendo as características da educação propedêutica (p.18).

Nessa época se inicia o declínio da qualidade de ensino na escola pública, levando os alunos a buscarem os cursinhos pré-vestibulares, que, aproveitando-se dessa lacuna, expandem seus raios de atuação e passam a oferecer cursos regulares de 1º e 2º graus, focando seus ensinamentos na mera transmissão de informação (KRASILCHIK, 1987). Segundo Krasilchik (1987), nesse período, as escolas privadas contornam a legislação e continuam a desenvolver uma educação propedêutica, tendo como objetivo central o êxito de seus alunos nos exames vestibulares. Ao mesmo tempo, os cursos de formação de professores apresentam-se precários, tendo como conseqüência a colocação no mercado de profissionais despreparados. Com isso, o livro texto passa a ser peça fundamental e o grande apoio para esses professores despreparados. O problema é que, em sua grande maioria, esses livros são de má qualidade. Em seu livro, a física e os livros – uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o Ensino médio, Walter Wuo (2000) aponta as seguintes características para os livros de Física da década de 1970:

(a) enfoque voltado para a resolução de problemas, exercícios e testes de vestibulares (b) pouca referência às questões tecnológicas e à física mais contemporânea; (c) número reduzido de figuras guardando semelhança com apostilas dos cursos pré-vestibulares da época, teoria mais sucinta e aplicações em exercícios (WUO, 2000).

A ênfase exagerada à resolução de problemas, dada pelos livros didáticos, mostra a importância conferida aos exames vestibulares, pensava-se numa ligação direta entre aprendizagem e a quantidade de exercícios-problemas resolvidos. A contextualização dos conteúdos é pouco explorada, e temas relevantes de Física contemporânea quase não apareciam. Os atuais livros de Física, de certa forma, apresentam alguns tópicos de Física moderna e contemporânea, geralmente nos capítulos finais, porém como algo estanque, raramente explorado pelo professor devido à pequena carga horária atribuída para a disciplina.

Em 1972, o governo federal criou o Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN), que, entre outras ações, patrocina vários projetos em Centros de Ciências e nas Universidades tais como: o Projeto de Ensino de Física, do Instituto de Física da USP; o Projeto Nacional de Ensino de Química de 2º grau, ligado ao CECINE; e o projeto do Ensino de Ciências (PEC) ligado ao CECIRS.

Também, como parte do PREMEN, o governo amparou uma nova modalidade de licenciatura que é regulamentada pela Resolução CFE nº 30/1974. Essa resolução aceita por grande parte do sistema de ensino superior, prescrevia um período comum (Licenciatura Curta) para a formação de professores de Ciências e de Matemática, de 5ª a 8ª, podendo ser complementada, para os que desejassem licenciar-se em Física, Química, Biologia ou Matemática (KRASILCHIK, 1987). Ou seja, tornou-se obrigatória a unificação das Licenciaturas da área de Ciências Físicas e Biológicas e de Matemática, convertendo-as em uma única Licenciatura de Ciências (Licenciatura Curta) com habilitação específica para o 1º grau (de 5ª a 8ª série)<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> O primeiro grau equivale hoje ao ensino fundamental e o 2º grau ao ensino médio.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), a Sociedade Brasileira de Química (SBQ), a Sociedade Brasileira de Matemática (SBM) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), manifestaram-se contra a resolução. Para alguns, a manifestação dessas sociedades representou um dos marcos para o processo de redemocratização do país. A pressão da sociedade levou a revogação da resolução nº. 30/1974. Esse acontecimento foi muito importante em uma época em que o centralismo das decisões era aceito por grande parte das instituições educacionais (KRASILCHIK, 1987).

A década de 1980 é marcada pela busca na redefinição dos conteúdos de Ciências a serem ensinados. Surge a necessidade de trabalhar conteúdos envolvendo o desenvolvimento da capacidade de comunicação escrita e verbal, o desenvolvimento do ensino da tecnologia, a generalização do emprego de novas tecnologias, a formação dos cidadãos e a devida valorização de todas as disciplinas. Evidencia-se a preponderância dada à compreensão e uso da tecnologia pelos alunos. O ensino de 1º e 2º graus passa a objetivar a formação do cidadão-trabalhador e é grande a influência cognitivista no ensino. A ciência passa a ser vista no currículo de 1º e 2º graus como produto do contexto econômico, político, social e de movimentos intrínsecos. A metodologia de ensino dominante tem como base o uso de jogos, simulações e a resolução de problemas (KRASILCHIK, 1987). Para Krasilchik (1987), enquanto no ambiente externo ao sistema escolar existia uma pressão para a incorporação do uso da informática, com todas as suas conseqüências, no ambiente educacional a preocupação era com os aspectos psicológicos ligados ao desenvolvimento pessoal (KRASILCHIK, 1987).

Em 1983, a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), como parte do programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PADCT, cria um novo projeto para a melhoria do Ensino de Ciências e Matemática, o Subprograma Educação para a Ciência - SPEC. Segundo Krasilchik (1987), os objetivos dessa iniciativa eram amplos, incluindo:

(1) melhorar o Ensino de Ciências e Matemática; (2) identificar, treinar e apoiar lideranças; (3) aperfeiçoar a formação de professores; (4) promover a



busca de soluções locais para a melhoria do ensino; e (5) estimular a pesquisa e implementação de novas tecnologias. A autora (KRASILCHIK, 1987) afirma, ainda, que a reação da comunidade acadêmica e educacional a esse novo projeto, denota interesse de vários tipos de instituições pelo Ensino de Ciências, preponderando universidades e incluindo Secretarias de Educação, instituições de pesquisa, escolas primárias e secundárias e grupos independentes de professores de vários níveis.

O período de 1990 a 2000 tem a situação mundial marcada pela globalização. Nesse período, precisamente em 1996, foi aprovada a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), lei número 9394/1996, que estabelece que a educação escolar deva vincular-se ao mundo do trabalho e a prática social. Os currículos do Ensino Fundamental e Médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada pelos demais conteúdos curriculares especificados nesta Lei e em cada sistema de ensino.

No caso do sistema de ensino do Distrito Federal, ainda existe uma grande dificuldade em definir quais as disciplinas podem compor a chamada parte diversificada, disciplinas que complementam a base nacional comum. A dificuldade se encontra em inserir disciplinas que atendam às características regionais, pois o Distrito Federal é dividido em cidades satélites, muitas vezes com peculiaridades distintas.

A LDB de 1996 diz que a formação básica do cidadão, na escola fundamental, exige o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo, a compreensão do ambiente material e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade (BRASIL, 1996). O Ensino Médio tem a função de preparar os alunos para o trabalho e o exercício da cidadania, assim como para a consolidação dos conhecimentos e a continuidade dos estudos. Esse aprendizado inclui a formação ética, a autonomia intelectual e, também, a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos (BRASIL, 1996).

Para Krasilchik (2000), embora a nova LDB indique precariamente os valores e objetivos da educação nacional, espera-se que a escola forme o

cidadão-trabalhador-estudante quando, por exemplo, determina em seu artigo 80 que: “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada”. Krasilchik (2000) aponta que, por meio de políticas centralizadas no MEC, se tenta colocar em prática essas prescrições legais, detalhadas e especificadas em documentos oficiais, abundantemente distribuídos, com os nomes de “parâmetros” e “diretrizes curriculares”. Esse período é, então, marcado pela busca do cidadão-trabalhador-estudante, a ciência é vista como uma atividade com implicações sociais, as universidades e as associações profissionais continuam como instituições promotoras de reforma e as modalidades didáticas recomendadas são os jogos - exercícios no computador.

Krasilchik (2000) acredita que o Ensino de Ciências deve incluir a aquisição do conhecimento científico por uma população que compreenda e valorize a Ciência como empreendimento social. Além disso, para ela (KRASILCHIK, 2000), os alunos não serão adequadamente formados se não correlacionarem às disciplinas escolares com a atividade científica e tecnológica e os problemas sociais contemporâneos. Para isso é importante que os métodos de ensino sejam mais dinâmicos, capacitando o aluno a responder a perguntas e a procurar as informações necessárias, para utilizá-las nos contextos em que forem precisas e úteis e o leve a ter atitudes crítico-reflexivas e de autocrítica. A autocrítica diante dos possíveis problemas e erros é uma das características mais importantes para a vida do cidadão e pode ser adquirida na escola. Essa atitude auxilia na formação das estruturas de raciocínio, e auxilia a metacognição necessária para uma aprendizagem efetiva, pois permite ao aluno gerenciar os conhecimentos adquiridos (BRASIL, 2006). Mas como conseguir desenvolver uma metodologia de ensino que possibilite ao aluno de Ensino Médio o desenvolvimento de tais atitudes? Ou seja, como desenvolver a plena capacitação dos alunos?

Em resumo, a plena capacitação, aqui discutida, tem como base a formação de um aluno cidadão reflexivo, crítico e autocrítico, e como o texto das Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM, 2006) apresenta um aluno que saiba gerenciar os conhecimentos adquiridos. As OCEM (2006),

na parte destinada aos conhecimentos da Física, chamam atenção para a importância da apresentação do cotidiano e da contextualização para uma melhor formação de nossos alunos.

Uma das formas de contextualização é através do uso da História e da Filosofia da Ciência<sup>12</sup>. Para contextualizar o professor deve focalizar a origem histórica do problema e mostrar as tentativas de solução que levaram à proposição de modelos teóricos, a fim de que o aluno tenha noção de que houve um caminho percorrido para se chegar a esse saber (BRASIL, 2006). A outra forma de contextualização, apontada pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), relaciona o conhecimento científico ao cotidiano dos alunos, ou seja, ao dia-a-dia. Afirma-se que muitas vezes confunde-se contextualização com cotidiano, mas que essa relação não é tão simples; e embora a maioria dos fenômenos da natureza e dos avanços tecnológicos faça parte do dia-a-dia de uma grande parcela da sociedade, sua explicação científica não ocorre com a mesma frequência (BRASIL, 2006). Afirma ainda que as pessoas explicam muitos fenômenos utilizando o chamado senso comum, e que essas explicações são limitadas a situações específicas e superficiais. Portanto, o conhecimento científico se origina em problemas bem formulados, mas o aluno chega à escola com conhecimentos empíricos, chamados anteriormente de senso comum e originados da sua interação com o cotidiano e com os outros (BRASIL, 2006).

As OCEM apontam que:

(...) na contextualização dos saberes escolares, devemos buscar problematizar a relação entre o que se pretende ensinar e as explicações e concepções que o aluno já tem, pois a natureza faz parte tanto do mundo cotidiano como no mundo científico. Todavia, os conhecimentos dos alunos são frequentemente inconsistentes e limitados a situações particulares. Portanto, não se pretende com a contextualização partir do que o aluno já sabe e chegar ao conhecimento científico, pois esse não é apenas polimento do senso comum. O que deve ser visado é partir da reflexão crítica ao senso comum e proporcionar alternativas para que o aluno sinta necessidade de buscar e compreender esse novo conhecimento (BRASIL, 2006, p. 51).

---

<sup>12</sup> A discussão sobre o uso da História da Ciência no Ensino de Ciências será aprofundada neste capítulo.

No entanto, para se tomar em consideração essas orientações é necessário disponibilizar ao professor e aos alunos material didático de boa qualidade. Muitas tentativas de mudança nas práticas educacionais esbarram justamente na falta de material didático (BRASIL, 2006). Cabe mencionar a existência de muitos livros paradidáticos, revistas e matérias de divulgação científica, jornais especializados e um grande número de informações na Internet, todos de grande ajuda para o trabalho do professor em sala de aula. Portanto, o professor, com algum tempo, pode buscar esse tipo de material e, com planejamento pode usá-lo com sucesso em sua sala de aula. Uma forma de se alcançar a autonomia intelectual é justamente não se prender a um modelo fechado, mas sim buscar alternativas que contribuam para esse processo, inclusive através dessas diversificadas fontes de recursos para o ensino. A diversificação das fontes é lembrada nas OCEM, ao apresentar:

(...) é necessário desenvolver práticas experimentais indispensáveis para a construção da competência investigativa. E o uso dos produtos das novas tecnologias é imprescindível, quando se pensa num ensino de qualidade e eficiente para todos (BRASIL, 2006, p. 56).

Pensando nessa falta de recursos alternativos para o Ensino da Física surgiu a idéia de se criar um material de ensino, historicamente contextualizado. Sabemos que o professor não tem muito tempo disponível para planejar suas aulas e sair em busca de livros paradidáticos, revistas e matérias de divulgação científica, jornais especializados e informações na Internet. Isso toma muito tempo. Assim, conjeturou-se organizar um material de Ensino da Física, contextualizado, que fizesse uso das tecnologias de informação e comunicação - TIC, para ajudar o trabalho do professor em sala de aula e para utilização pelo aluno tanto em sala quanto fora dela.

Da constatação de falta de recursos alternativos para o Ensino da Física, e inspirando-se no trabalho de Duarte (2006), nasceu a idéia de se organizar uma ferramenta hipermídia para o ensino-aprendizagem da Lei da Gravitação Universal. Esse tema têm a vantagem de ter uma História da Ciência bastante rica – as idéias do universo, desde Aristóteles até a construção por Newton da Lei da Gravitação Universal. Portanto, na próxima seção será discutida a idéia de como e porque se usar uma abordagem histórica para o ensino aprendido de Ciências, em particular da Física.

## **1.2. A História no Ensino de Ciências**

É consenso, entre os filósofos contemporâneos, o entendimento de que a visão empírico-indutivista<sup>13</sup> não serve como fundamentação epistemológica para a atividade científica contemporânea e a evolução do pensamento científico (MELO; PEDUZZI, 2007). No entanto, esta continua sendo a visão adotada pela maioria dos professores, principalmente aqueles da área das ciências naturais e exatas, que acabam, inclusive, defendendo-a como uma visão de ensino. Ainda inspirados nos trabalhos de Sir Francis Bacon, que propôs a existência do método indutivo para a construção do conhecimento científico, os professores o defendem na educação científica, como a forma de se chegar às “verdades científicas”. Muitos professores das Ciências Naturais, assim como fazia Bacon, defendem a idéia de que qualquer fenômeno físico, estudado através do método científico, não sofre interferência do observador (BORGES, 1991). No entanto, já há muito tempo, os filósofos da ciência não mais defendem essa visão de produção do conhecimento feita com fundamentação em um método científico que se inicia pela observação neutra. Há muito que as idéias de Bacon foram criticadas e rechaçadas. A partir dessas críticas, a maioria dos filósofos contemporâneos rompeu com essa visão de ciência, produzida a partir de passos bem definidos do “Método Científico” e externa à sociedade (Kuhn; Lakatos; Feyerabend e outros). Ocorre que esta imagem, apesar de já mostrada como problemática pela maioria dos filósofos, ainda é largamente disseminada na escola por professores e livros didáticos (EL-HANI; TAVARES; ROCHA, 2004; HARRES, 1999; MELO; PEDUZZI, 2007).

Harres (1999), em um estudo intitulado “uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino”, conclui que:

---

<sup>13</sup> O empírico-indutiva concebe que o conhecimento se origina numa realidade material e vem de fora para dentro. Os objetos materiais produzem sensações que são captadas pelos nossos sentidos e a partir disto convertidos em conhecimento. Os sujeitos são receptores passivos e devem assim permanecer. Precisam saber aprender a observar os fenômenos de forma objetiva e neutra, sem interferir neles.

(1) professores de ciências (independente do nível de atuação e do tipo de instrumento utilizado para investigá-los) possuem, em geral, CNC<sup>14</sup> inadequadas, próximas a uma visão empirico-indutivista; (2) minoritariamente, especialmente quando a pesquisa propicia, pode-se encontrar concepções próximas a uma visão mais contextualizada e menos absolutista da ciência, embora distinta para diferentes aspectos; (3) estratégias para mudança de CNC inadequadas podem ter sucesso se dedicarem atenção especial à História da Ciência ou à sua natureza; (4) tendências homogenizadoras de formação podem explicar que variáveis acadêmicas e de experiência não se relacionam com o nível das CNC dos professores (p. 201).

Qual é a origem dessa concepção de ciência apresentada pelos professores? Certamente não são os escritos de Bacon. Arrisco-me a afirmar que, em boa parte, essa visão provém dos bancos escolares, transmitida e “martelada” nas nossas cabeças desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior. Forma-se então um círculo vicioso: o professor traz essa visão dos bancos escolares e acaba, mesmo sem querer, e na maioria das vezes até indiretamente, transmitindo-a a seus alunos, que por sua vez, no caso de se formarem professores, novamente, os transmitirão a seus alunos, fechando, assim, o círculo. É necessário ainda ressaltar que os livros didáticos, em geral de autoria de professores pertencentes a esse círculo, contribuem, também, para solidificar essa visão empírico-indutivista de ciência.

Para Harres (1999), uma das soluções para barrar esse círculo é, através da formação inicial e continuada, mudar as visões dos professores sobre a Natureza da Ciência, através de estudos de filosofia e história da ciência. No entanto, cabe lembrar que o círculo precisa começar a ser barrado e para isso significa que uma abordagem histórica da ciência, no Ensino Médio (EM), pode ajudar a amenizar o problema. Ao menos, alguns alunos já começam a ser retirados do círculo.

Por um lado, como se mencionou, o livro didático também tem contribuído fortemente para perpetuar uma imagem empírico-indutivista da ciência. Por outro, os currículos também contribuíram de forma decisiva para manter e solidificar essa imagem da ciência.

---

<sup>14</sup> CNC – Concepções sobre a natureza da ciência.

Apesar das transformações sociais dos últimos 60 anos, que fizeram avanços científicos e tecnológicos influenciarem as estruturas sociais, a cultura e a vida cotidiana de uma maneira que não tem precedentes, os currículos de Ciências praticamente não mudaram, retratando a prática científica como se fosse separada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana, e não possuísse uma dimensão histórica e filosófica (EL-HANI; TAVARES; ROCHA, 2004,p.267).

É conhecido que o livro didático, ao acompanhar as tendências curriculares, continua sendo, na maioria das instituições públicas e privadas do país, praticamente o único recurso usado pelos professores de ciências para ensinar. Esses livros, via de regra, enfatizam os resultados da ciência, não discutindo seu funcionamento (Martins, 2006).

Para Martins (2006),

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade (p.21).

No entanto, nos livros didáticos quase nunca são discutidas essas questões, que são muito importantes para que o aluno possa entender o funcionamento da Ciência. Dificilmente os livros trazem discussões tais como: a forma como as teorias e os conceitos se desenvolvem e como os cientistas trabalham; o contexto da descoberta e o da justificativa; as idéias aceitas no passado e que já não são mais aceitas hoje; e as várias relações entre ciência e política, economia, filosofia e religião, entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos.

### ***1.3. Reaproximação entre História e Ensino de Ciências***

Para muitos autores (MATTHEWS, 1995; NEVES, 1998; PEDUZZI, 2001; BARBOSA, 2006), o uso de História, Filosofia e Sociologia (HFS) da Ciência é uma forma interessante de abordagem para ensino dos conteúdos científicos. Apesar dos documentos oficiais como os parâmetros curriculares nacionais e orientações curriculares para o Ensino Médio mencionarem o uso de História da Ciência como uma das formas de abordagem cabíveis de uso na sala de aula de ciências, esse ainda encontra-se dissociado da História da Ciência. Os parâmetros curriculares nacionais (PCN), por exemplo,

recomendam que a capacidade de reconhecer o caráter humano e mutável do conhecimento científico, deve ser desenvolvida nos alunos (BRASIL, 1999). Para que essa capacidade possa ser desenvolvida, a História da Ciência é, senão a única, a melhor alternativa. Já as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), como já mencionado, apontam o uso da História e Filosofia da ciência no Ensino de Ciências, e em especial no Ensino da Física, como uma abordagem muito positiva para humanizar a Ciência (BRASIL, 2006, p.50).

Matthews (1995) em seu celebre artigo *“História filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação”* menciona o artigo *“Ensino e filosofia da ciência: vinte e cinco anos de avanços mutuamente excludentes”*, publicado por Duschl em 1986, como um estudo mostrando que o Ensino de Ciências tem acontecido de forma completamente separada da História e Filosofia da Ciência. Esse ensino tem apresentado, como é apontado nesse estudo, ênfase exagerada na mera aplicação de fórmulas, muitas vezes desconexas da realidade. Para Matthews (1995), a crise do ensino contemporâneo de ciências, pode ser vista pela evasão de alunos e de professores das salas de aula, pode também ser evidenciada pelos altos índices de analfabetismo em ciências, como mencionado no início desse trabalho pelos indicadores do PISA. Esse problema, como afirma Matthews (1995), tem contribuído para uma reaproximação da História e do Ensino de Ciências.

O primeiro componente de reaproximação, apontado por Matthews (1995), foi a primeira Conferência Internacional sobre História, Filosofia, Sociologia e o Ensino de Ciências, na Universidade Estadual da Flórida, em novembro de 1989. O segundo foi uma série de conferências patrocinadas pela Sociedade Européia de Física sobre A História da Física e o seu ensino, realizadas em Pávia (1983), Munique (1986), Paris (1988), e Cambridge (1990). Finalmente, o terceiro foi a conferência sobre História da Ciência e o Ensino de Ciências, realizada na Universidade de Oxford em 1987 com o apoio da Sociedade Britânica de História da Ciência. Essas iniciativas geraram cerca de trezentos estudos acadêmicos abordando a questão da História da Ciência



e o Ensino de Ciências, além da produção de material didático historicamente e filosoficamente embasado.

De todos os fatores contribuidores para a reaproximação entre as áreas, Matthews (1995) considera como o mais importante:

(...) a inclusão de componentes de história e de filosofia da ciência em vários currículos nacionais, a exemplo do que ocorreu na Inglaterra no País de Gales; e nos Estados Unidos. Nos EUA, por exemplo, isso é feito através das recomendações contidas no Projeto 2061 concernente ao ensino de ciências da 5ª série do primeiro grau até a 3ª série do segundo. No currículo escolar dinamarquês e no da Holanda, a inclusão da história da ciência é feita através do Projeto de Desenvolvimento de Currículo em Física (PLON<sup>15</sup>). Não se tratava da mera inclusão de História, Filosofia e Sociologia (HFS) da ciência como um outro item do programa da matéria, mas sim de uma incorporação mais abrangente de temas (HFS) da ciência na abordagem do programa e do ensino dos currículos de ciências que geralmente incluíam um item chamado de A natureza da ciência. Dava-se atenção especial a esses itens e, paulatinamente, se reconhecia que a história, a filosofia e a sociologia da ciência contribuíam para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões neles formuladas. (p. 165).

Os defensores da HFS tanto no Ensino de Ciências como na formação de professores, de certa forma, advogam em favor de uma abordagem contextualizada e interdisciplinar. Em outras palavras, defendem uma educação em ciências, trabalhada em seus diversos contextos (ético, social, histórico, filosófico e tecnológico), com o velho argumento de que o Ensino de Ciências deve ser, simultaneamente, em e sobre ciências (MATTHEWS, 1995). Os defensores de História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFS) no Ensino de Ciências têm razão quando argumentam a favor de uma abordagem contextualizada. Matthews (1995) defende com veemência que:

(...) os alunos de primeiro e segundo grau devem aprender não somente o conteúdo das ciências atuais, mas também algo acerca da "Natureza da ciência" (MATTHEWS, 1995, p.166).

Matthews (1995) chama atenção para a necessidade de se apresentar aos alunos a ciências como não acabada, ou melhor, como um conhecimento em construção, conteúdo que apresenta interrogações a serem respondidas não apenas por pesquisadores. Para esse autor (MATTHEWS, 1995) o aluno

---

<sup>15</sup> PLON - Projeto de Desenvolvimento Curricular em Física trabalhado na Holanda.

pode e deve ser instigado a buscar respostas para essas interrogações, suscitando no aluno o ato investigativo e, para Matthews, é a História da Ciência que pode gerar esse tipo de atitude. Cabe agora perguntar: Quais as dificuldades para que o Ensino de ciências tenha estruturas alicerçadas na História e Filosofia da Ciência?

### **1.4. Limites de Uso da História da Ciência**

Baseando-se em relatórios das décadas de 1970 e 1980 da Associação Britânica para o Ensino da Ciência, Matthews (1995) afirma que um dos problemas enfrentados para a reaproximação é o despreparo dos professores para ensinar ciências usando uma abordagem contextualizada historicamente. Ou seja, os cursos de formação de professores não estavam preparando-os adequadamente para atuarem dessa maneira. Tornava-se necessário melhorar a qualificação do docente, por intermédio de cursos que envolvessem a abordagem HFS, e também privilegia-se esse tipo de abordagem nas grades curriculares dos cursos universitários.

Nos EUA, no período pós Segunda Guerra Mundial, a História da Ciência passou a ter um espaço de destaque nas disciplinas de ciência voltadas a estudantes da graduação de outros cursos. Segundo Matthews (1995), nos EUA, um marco importante para a inserção de HFS no Ensino de Ciências foram os livros com estudos de caso James B. Conant, presidente da Universidade de Harvard, que foi considerado um dos maiores defensores do uso da História da Ciência no Ensino de Ciências, cuja abordagem do estudo de caso era largamente difundida.

Segundo Freire Jr (2003), Conant entendia essa inserção da História da Ciência como uma forma de generalização da formação científica, ou seja, uma educação científica para todos.

Em 1946, ainda sob os efeitos das aplicações militares do conhecimento científico na Segunda Guerra Mundial, James Conant, Presidente da Universidade de Harvard, defendeu uma reforma na educação norte-americana de modo que algo da formação científica fosse generalizada ao conjunto da sociedade. Conforme Conant, essa generalização não deveria visar difundir mais conhecimentos científicos, ainda que isso pudesse ser um subproduto, mas sim difundir algo do que denominou de “Estratégia e tática da ciência”, ou, traduzido para termos mais contemporâneos, algo sobre o

funcionamento da ciência. Para Conant, a abordagem adequada para tal objetivo seria a abordagem histórica, vez que a abordagem estritamente lógica não facilitaria a aproximação entre a ciência e a audiência de não cientistas (p.73).

A obra de Conant (1957), *Estudo de Casos de Harvard sobre História nas ciências experimentais*, em dois volumes, tomou-se o livro-texto de muitos cursos. Essa associação Conant-Harvard prolongou-se por toda a década de 80, com a nomeação de James Rutherford como diretor do programa do Projeto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência (MATTHEWS 1995). Segundo Matthews (1995):

O projeto de física de Harvard, que em seu auge atingiu 15% dos alunos de 1º e 2º graus nos Estados Unidos, foi o currículo escolar de ciências fundamentado em princípios históricos e preocupado com as dimensões cultural e filosófica da ciência mais amplamente utilizado. Seu sucesso em evitar a evasão dos estudantes, atrair mulheres para os cursos de ciências, desenvolver a habilidade do raciocínio crítico e elevar a média de acertos alcançada em avaliações forneceu evidências suficientes para os que, hoje, advogam a favor da HFS (p.171).

Tradicionalmente, os cursos de Física, assim como os livros didáticos, privilegiam uma formação com enfoque empirista-indutivista, como discutimos anteriormente. O conhecimento é visto como induzido das observações neutras, sem qualquer influência teórica ou subjetiva e, dessa forma, capaz de assegurar a verdade absoluta às afirmações científicas. Nosso pressuposto básico, defendido na literatura, é que essas visões de natureza da ciência, sustentadas pelos professores de Física, acabam resultando em práticas docentes inadequadas (MASSONI; MOREIRA; OSTERMANN, 2007). É justamente a História da Ciência que pode auxiliar a solucionar esse problema, possibilitando a reaproximação da ciência com a filosofia da ciência contemporânea.

Martins (2006) acredita que os professores brasileiros já perceberam a importância da utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências em todos os níveis. Nos últimos anos os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio passaram a enfatizar a relevância da História da Ciência como abordagem para o Ensino de Ciências. Esse tipo de ênfase está, gradualmente, ganhando espaço na sala de aula de ciências, especialmente no Ensino Médio. No entanto, ainda existem grandes barreiras para que História

da Ciência desempenhe efetivamente o papel que deve exercer no Ensino de Ciências. As três principais são: (1) carência de professores com a formação adequada para trabalhar com abordagem histórica; (2) falta de material didático adequado a esse tipo de abordagem; e (3) equívocos a respeito da própria natureza da História da Ciência e seu uso na educação (SIEGEL apud MARTINS, 2006).

Para Martins (2006) a carência de professores com a formação adequada, para trabalhar com abordagem histórica em aulas de ciências, será resolvida no Brasil com o passar do tempo, tal como está ocorrendo em outros países. Esse autor (MARTINS, 2006) sugere que, em nosso país, para terminar com esse problema, existe necessidade de mais cursos de pós-graduação em História da Ciência. Além disso, o intercâmbio com centros de pesquisa do exterior, a criação de novos grupos de pesquisa, de departamentos e centros de pesquisa, podem ajudar a sanar, pelo menos parcialmente, a falta de profissionais especializados na área de História da Ciência (MARTINS, 2006).

A falta de material didático, ou seja, de textos adequados sobre História da Ciência, a serem utilizados na abordagem histórica do Ensino de Ciências, é apontada por Martins (2006) como uma questão já resolvida. Para esse autor, há livros sobre História da Ciência disponíveis, no entanto, falta qualidade nesses materiais.

Não é que não existam livros em português sobre história das ciências – existem muitos, podem ser encontrados em livrarias e até em bancas de jornais. De tempos em tempos alguma editora lança uma coleção de biografias de “gênios da ciência”, e há muitos livros populares a respeito de história das ciências. As enciclopédias e até os livros didáticos trazem também muitas informações. E na Internet é possível também encontrar muito material sobre história das ciências. Então, o que está faltando? Ou já existe material suficiente para ser utilizado na educação? O problema não é a quantidade, é a qualidade. Assim como existem os professores improvisados de história da ciência, que não têm formação adequada, há os escritores improvisados de história da ciência. São pessoas sem um treino na área, que se baseiam em obras não especializadas (livros escritos por outros autores improvisados), juntam com informações que obtiveram em jornais, enciclopédias e na Internet, misturam tudo no liquidificador (ou no computador) e servem ao leitor desavisado (MARTINS, 2006, p. 28).

A terceira barreira, relacionada aos equívocos a respeito da própria natureza da História da Ciência e seu uso na educação, podendo torná-la

empecilho para o Ensino de Ciências. Empecilhos esses que Martins (2006) acredita poder surgir devido a alguns problemas, tais: (a) redução da história a nomes, datas e anedotas; (b) concepções problemáticas do método científico; e (c) uso de argumentos autoritários.

### **a) Redução da História da Ciência a Nomes, Datas e Anedotas**

Atualmente, é comum encontrar-se em livros didáticos, assim como na prática educacional, o uso banal da História da Ciência, em afirmações isoladas tais como: “Em 1668, Francesco Redi, biólogo e médico italiano, demonstrou experimentalmente que a geração espontânea não podia ser verdadeira”. O que está por trás de afirmações desse tipo? Uma falsa concepção, baseada em idéias como:

- A ciência é feita por grandes personagens, gênios;
- A ciência é constituída a partir de eventos ou episódios marcantes, as “descobertas” realizadas pelos cientistas;
- Cada alteração da ciência ocorre em uma data determinada; e,
- Cada fato independe dos demais e pode ser estudado isoladamente.

É claro que tais pressupostos são insustentáveis. Quem realmente conhece a História da Ciência sabe que as alterações históricas são lentas, graduais e difusas. Sabe, também, que as mudanças científicas ocorrem a partir de um trabalho coletivo e não individual e instantâneo de “grandes gênios”. Também entende que o conhecimento científico pode mudar radicalmente e que não existe essa “acumulação gradual do conhecimento” – rupturas não só são bem possíveis, como acontecem. O conhecimento científico é, portanto, mutável. O conhecimento histórico mostra a dificuldade, ou a impossibilidade de caracterizar em uma só frase, ou em poucas palavras, o que foi uma determinada mudança científica. A história mostra a estreita relação entre acontecimentos diferentes, tornando difícil isolar uma “descoberta” e descrevê-la fora de seu contexto.

## **b) Concepções sobre o Método Científico**

Algumas vezes, os professores de disciplinas científicas (mesmo universitários), não entendem a Natureza da Ciência. Como amplamente discutido, ainda há uma crença muito forte no método indutivista da investigação científica, baseado no pior tipo de positivismo (SILVEIRA; OSTERMANN apud MARTINS, 2006). Geralmente, como cansativamente tratado, professores sem interesse e competência em História e Filosofia da Ciência e, por isso, acabam transmitindo uma visão distorcida do funcionamento da ciência para seus estudantes. Professores desse tipo acabam “mostrando” a seus alunos como se obtém uma teoria a partir de um conjunto de “observações neutras” e de experimentos, ou como se pode “provar” uma teoria – apesar da impossibilidade filosófica disso. No entanto, a maioria não tem consciência de sua própria falta de compreensão e usa de forma equivocada a História da Ciência, com a boa intenção de melhorar seu ensino. Alegam, por exemplo, que Pasteur provou, por meio de seus experimentos, que a geração espontânea não existe (o que é historicamente falso); ou a descoberta do benzeno, feita por acaso por Kalulé, que teve um estranho sonho com uma cobra mordendo a própria cauda e, assim, ele chegou “sem querer” a fórmula espacial do benzeno. Alguns livros didáticos afirmam que descobertas científicas são feitas ao acaso, mais um exemplo disso é a descoberta da penicilina. Vejamos: em 1928, Fleming desenvolvia pesquisas sobre estafilococos, quando descobriu a penicilina em condições muito peculiares, graças a uma seqüência de acontecimentos imprevistos e surpreendentes. Fleming tirou férias e, por esquecimento, deixou algumas placas com culturas de estafilococos sobre a mesa, em lugar de guardá-las na geladeira ou inutilizá-las, como seria natural. Quando voltou, percebeu que algumas placas tinham sido contaminadas com mofo e observou que havia, em uma das placas, um halo transparente em torno do mofo. Isso indicava que aquele fungo produzia uma substância bactericida. Como se percebe, esses relatos históricos usam expressões do tipo “sem querer”, “imprevisto”, “por acaso”, o tipo de História da Ciência que esses livros contam é simplificada e

distorcida – o tipo de evento que os historiadores da ciência chamam de “historiografia Whig”<sup>16</sup> (RUSSEL apud MARTINS, 2006).

O estudo cuidadoso da História da Ciência pode ensinar muito sobre a “Natureza da Ciência”, como foi indicado acima, no entanto, a História da Ciência, contada de forma ingênua pode tornar mais sólida a idéia da existência de um Método Científico como uma seqüência de passos começando pela observação desinteressada. A História da Ciência só contribuirá para um ensino científico de qualidade se forem utilizados, tanto pelos professores quanto pelos livros didáticos, exemplos históricos reais e não lendas, sem fundamento, repetidas por quem nunca fez pesquisa histórica e/ou estudou história da ciência (MARTINS, 2006).

### **c) Uso de Argumentos de Autoridade**

Outro erro ao se usar a História da Ciência no ensino é empregá-la para obrigar a aceitação dos conhecimentos científicos, por meio de argumentos de autoridade, como por exemplo: “De acordo com a teoria da evolução de Darwin, todas as características dos animais vão se alterando com o tempo”. Em outras palavras, não é correto invocar uma pretensa certeza científica, usando-se para isso o nome de um cientista famoso. O uso de testemunhos de autoridade para legitimar determinadas opiniões e argumentos e/ou desautorizar opiniões contrárias é um erro. Isso é impor crenças, deixando de lado os aspectos fundamentais da própria Natureza da Ciência. Há uma importante distinção entre conhecimento científico e a crença científica. Ter conhecimento científico sobre um assunto significa conhecer os resultados científicos, aceitar esse conhecimento, conhecendo de fato (não através de invenções pseudo-históricas) como esse conhecimento é justificado e fundamentado. Crença científica, por outro lado, corresponde apenas ao conhecimento dos resultados científicos e sua aceitação baseada na autoridade do professor ou do “cientista”. A fé científica é simplesmente um tipo

---

<sup>16</sup> Historiografia Whig é uma expressão introduzida pelo historiador Herbert Butterfield para se referir ao tipo de História que interpreta o passado como uma evolução crescente, linear, que leva àquilo que se quer defender atualmente (Martins, 2006).

moderno de superstição. É muito mais fácil adquiri-la do que entender o conhecimento científico – mas não tem o mesmo valor.

Há apenas um caminho para se adquirir conhecimento da História da Ciência, no sentido aqui descrito. Utilizando o estudo da História da Ciência – mas não da “Historiografia Whig”. É necessário estudar o contexto em que se deu à construção do conhecimento, suas bases experimentais, as evidências, seu fundamento, as várias alternativas possíveis da época, e a dinâmica do processo de descoberta (ou invenção), justificativa, discussão e difusão das idéias. Apenas desse modo é possível aprender como uma teoria foi consubstanciada e porque foi aceita. Ao mesmo tempo, aprende-se muito sobre a Natureza da Ciência. Isso, no entanto, não pode ser feito recorrendo-se apenas a livros populares sobre História da Ciência. É preciso estar informado sobre as melhores pesquisas historiográficas, para poder conhecer os inúmeros detalhes relevantes.

Há muitos cuidados a serem tomados ao se usar a abordagem histórica, como discutido. Nélio Bizzo (1992), concorda com isso. Ele afirma que há muitas possibilidades para o uso da História no Ensino de Ciências, no entanto, ele pede que sejamos cautelosos.

Existem muitas possibilidades de utilização da história da ciência (nas suas mais variadas versões) no trabalho educacional, como vem sendo apontado em diversas publicações (...). O planejamento curricular e didático pode se beneficiar dessa aproximação, da mesma forma que diferentes modalidades de pesquisa. No entanto, deve ser reconhecido que, apesar de sua inclinação para figurar como grande panacéia para os problemas do ensino das Ciências, a história da ciência ainda nos é uma ilustre desconhecida (p.34).

Refletindo sobre o que foi discutido até aqui, é necessário concordar com Martins (2006), o qual afirma que o uso da História da Ciência no Ensino de Ciências não é algo simples. Há muitas armadilhas, e exige-se o uso de conhecimento epistemológico e historiográfico especializado, para evitar erros que poderiam levar o professor a empregar, erroneamente, a História da Ciência e acabar transmitindo uma idéia inadequada de ciência. É necessário, por isso, um trabalho de pesquisa que fundamente o adequado uso da História da Ciência no processo educacional.



### **1.5. Potencialidades de HFS no Ensino de Ciências**

Matthews (1995) acredita que o Ensino de Ciências pode ter melhores resultados quando baseado em HFS. Para esse autor a história da ciência pode:

(a) humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; (b) tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; (c) contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, pode contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem, a saber, o que significam; e (d) Melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. Mas, deixa claro também, que a história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para as crises. (MATTHEWS, 1995, p.165).

Existem evidências de que o enfoque histórico torna as ciências mais atrativas para muitos estudantes, em especial, para as meninas que, via de regra, fogem da Física (VANNUCCHI, 1996). Através da História da Ciência, fica mais fácil apresentar aos estudantes os procedimentos de investigação científica, em contraposição à definição positivista de “método científico” presentes em muitos livros didáticos. Assim, tem-se oportunidade de abordar tópicos tais como a variedade de interpretações racionais e plausíveis, que podem ser apresentadas para um mesmo conjunto de dados, a distinção clássica entre equações matemáticas, modelos e sua interpretação física (VANNUCCHI, 1996).

Outras vantagens da abordagem histórica no Ensino de Ciências são apontadas por Peduzzi (2001). Para ele, o uso da História da Ciência em sala de aula pode:

(a) propiciar o aprendizado significativo de equações; (b) lidar com a problemática das concepções alternativas; (c) Incrementar a cultura geral do aluno; (d) Desmistificar o método científico; (e) mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são “definitivas e irrevogáveis”; (f) chamar atenção para o papel das idéias metafísicas (e teológicas) no desenvolvimento de teorias científicas mais antigas; (g) contribuir para um melhor entendimento das relações da ciência com a tecnologia, a cultura e a sociedade; (h) Propiciar o aparecimento de novas maneiras de ensinar certos conteúdos; (i) Melhorar o

relacionamento professor-aluno; (ix) levar o aluno a se interessar mais pelo Ensino da Física (PEDUZZI, 2001, p. 157 – 158).

O caráter interdisciplinar da História da Ciência, segundo Trindade (2005), não aniquila o caráter necessariamente disciplinar do conhecimento científico, mas o completa. A História da Ciência estimula a percepção entre os fenômenos, fundamental para grande parte das tecnologias e para o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador desse meio (TRINDADE, 2005).

Para Nascimento (2004), o uso da HFS da ciência em sala de aula é uma forma de apresentar aos estudantes uma ciência dinâmica e viva. É uma grande oportunidade de discutir a construção de determinados conhecimentos desde sua gênese, até sua concepção atual, aprendendo que esse mesmo conhecimento pode estar sujeito a alterações futuras e, assim, entendendo a idéia de construção histórica do conhecimento científico (NASCIMENTO, 2004). Nascimento (2004) argumenta, ainda, que textos ou episódios da História da Ciência podem ajudar os estudantes a entenderem os processos de construção do conhecimento científico, favorecendo, uma ruptura com o senso comum a respeito da construção da ciência. Cabe ressaltar que é justamente a história capaz de mostrar a ciência como um produto humano e social, combatendo, assim, diversas visões descontextualizadas como, por exemplo, uma visão elitista da ciência, na qual os cientistas são tidos como minorias inatingíveis (Gil-Pérez, 1993).

A História da Ciência talvez seja um dos caminhos mais eficazes para a desmistificação da ciência enquanto “assunto vedado aos não iniciados” para a ruptura com uma metodologia própria ao senso comum e às concepções espontâneas e, para, finalmente, estabelecer uma ponte para as primeiras modificações conceituais (CASTRO e CARVALHO, 1992, p. 236).

Para Solbes e Traver (2001), a História da Ciência pode fazer com que os estudantes:

(a) conheçam melhor os aspectos da história da ciência, antes geralmente ignorados e, conseqüentemente, mostrar uma imagem da ciência mais completa e contextualizada; (b) valorizem adequadamente processos internos do trabalho científico como: os problemas abordados, o papel da descoberta, a importância dos experimentos, o formalismo matemático e a evolução dos conhecimentos (crises controversias e mudanças internas); e (c)

valorizem adequadamente aspectos externos como: o caráter coletivo do trabalho científico, as implicações sociais da ciência (p.153).

Em resumo, a História da Ciência pode possibilitar uma construção dinâmica e harmônica do que é a ciência e, assim, levar ao entendimento histórico e social da vida científica. A história da ciência mobiliza os alunos a participarem da narrativa da cultura científica, ingrediente primordial da saga da humanidade (ZANETIC, 2001; TRINDADE, 2005).

### **1.6. Opiniões contrárias ao uso de HFS no Ensino de Ciências**

Apesar de muitos acreditarem que o Ensino de Ciências poderia tornar-se mais significativo quando alicerçado na História e Filosofia da Ciência, em 1970 durante um simpósio no MIT (Massachusetts Institute of Technology) surgiram opiniões contrárias à abordagem histórica para o Ensino da Física. De um lado, dizia-se que a única História possível nos cursos de ciências era a pseudo-história. De outro, afirmava-se que a exposição à História da Ciência enfraquecia as convicções científicas necessárias à conclusão bem sucedida da aprendizagem da ciência. O primeiro argumento foi de Martin Klein (1972) e o segundo de Thomas Kuhn (1970). Klein (apud MATTHEWS, 1995), afirma que:

Estamos, em outras palavras, planejando selecionar, organizar e apresentar esses materiais históricos, de forma, definitivamente, não histórica, ou até, talvez, anti-histórica. Isto é bastante temerário, se estamos tão preocupados com a integridade e a qualidade da história que ensinamos quanto estamos preocupados com a física. (...) Uma razão pela qual é difícil fazer-se com que a história da física atenda as necessidades do ensino da física é a diferença fundamental que há entre a perspectiva do físico e a do historiador. (...) É tão difícil imaginar-se a combinação da riqueza de complexidade do fato, por que anseia o historiador, com o simples corte agudo do fenômeno que a física procura (p. 10).

Esse mesmo autor conclui que:

Se o Ensino de Ciências de qualidade alimenta-se da história, esta só pode ser de má qualidade. Então, é melhor não se usar história do que usar-se história de má qualidade (KLEIN apud MATTHEWS, 1995, p.173).

Kuhn (apud MATTHEWS, 1995), de outro lado, em um ensaio de 1959 sobre o Ensino de Ciências e seus efeitos psicológicos e intelectuais, afirma que:

O traço peculiar mais impressionante desse tipo de ensino é que, num grau absolutamente inexistente em outros ramos criativos, ele é conduzido inteiramente através de livros-texto (..) e os estudantes de ciências não são encorajados a lerem os clássicos históricos de suas áreas - obras onde eles poderiam descobrir outras formas de considerar os problemas discutidos em seus livros-texto (..) esse ensino permanece uma mera iniciação dogmática a uma tradição pré-estabelecida (p. 13).

Diante das posições de Klein e Kuhn, Matthews (1995) argumenta que:

As acusações lançadas por Klein e Kuhn são sérias, mas seus pontos principais podem ser acomodados sem que seja necessário excluir a história dos cursos de ciências. Na pedagogia, como na maioria das coisas, muitas vezes a matéria tem que ser simplificada. E isto é tão verdadeiro para a história da Ciência quanto o é para: a economia, ou para a própria ciência. Porém o fato de que a história da Ciência seja simplificada não se toma um argumento decisivo contra ela. A tarefa da pedagogia é, então, a de produzir uma história simplificada que lance uma luz sobre a matéria, mas que não seja uma mera caricatura do processo histórico. A simplificação deve levar em consideração a faixa etária dos alunos e todo o currículo a ser desenvolvido. História e ciência podem tornar-se mais e mais complexas à medida que assim o exija a situação educacional. Lida-se melhor com o problema das distorções grosseiras quando se apresenta a HFS de forma mais adequada nos treinamentos de futuros profissionais e de profissionais já atuantes: as boas intenções levam às distorções. O problema hermenêutico de interpretação na história da Ciência, longe de dificultar ou impedir o uso da história, pode tornar-se uma boa ocasião para que os alunos sejam apresentados a importantes questões de como lemos textos e interpretamos os fatos, isto é, ao complexo problema do significado: a partir de seu dia a dia, os alunos sabem que as pessoas vêem as coisas de formas diferentes; portanto, a história da Ciência constitui-se num veículo natural para se demonstrar como esta subjetividade afeta a própria ciência (p.177).

Matthews (1995) acredita não existirem evidências de que o Ensino de Ciências alicerçado na HFS da ciência possa diminuir a compreensão científica. Fundamentando-se no sucesso do projeto de Física de Harvard, anteriormente mencionado, ele afirma que a abordagem histórica pode, no entanto, abalar a “convicção pseudocientífica, o que não é de todo mal” (p. 178). A História e a Filosofia da ciência podem dar às idealizações científicas uma dimensão mais humana e compreensível e podem explicá-las como artefatos dignos de serem apreciados por si mesmos (MATTHEWS, 1995).

### ***1.7. História da Ciência para o Ensino da Física***

Claro que se tenta explicar a ausência da HFS da Ciência nas aulas de ciências pela total falta de preparo dos professores. Realmente, a maioria dos cursos de licenciatura em ciências no Brasil dedica pouco tempo ao estudo da

Natureza da Ciência, ou seja, os futuros professores quase não pensam a Epistemologia da Ciência e sua relação com o Ensino de Ciências. O que resta então ao professor? O que então deve ser feito? Não há dúvida que os professores precisam ser preparados para isso.

Para Matthews (1995) um professor de ciências com conhecimento de HFS da ciência pode auxiliar os estudantes a compreenderem exatamente como a ciência constrói o mundo real, vivido e subjetivo. Porém, o mais comum é que o estudante fique sujeito à infeliz escolha entre renunciar ao seu próprio mundo, por ser uma fantasia, ou renunciar ao mundo da ciência pela mesma razão (MATTHEWS, 1995).

O tempo que a abordagem histórico-filosófica acarretaria, em detrimento do conteúdo específico, constitui outro argumento apresentado com frequência em oposição à História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. Todavia, tal abordagem não pressupõe o abandono do conteúdo programático. Ao contrário, para que tenha sentido, discussões histórico-filosóficas necessitam do domínio de um corpo de conhecimento científico e técnico por parte dos estudantes (VANNUCCHI, 1996).

Para Neves (1998),

(...) o que vemos hoje na sala de aula, seja ela do ensino fundamental, médio ou superior, é uma atmosfera à la crítica vesaliana<sup>17</sup>, em que a divisão dos saberes é novamente fomentada e as ignorâncias passam a indexar as competências. (...) Podemos notar esta divisão odiosa de saberes na construção dos currículos escolares. Por melhores que sejam, embasados em teorias educacionais progressistas, a visão cartesiana, que vê o ensino como um somatório discreto de objetivos (docentes, discentes, condições e jornadas de trabalho, etc.), aniquila a possibilidade de construção do conhecimento. (...) Nas últimas décadas, temos visto a ciência sendo apreendida como um dado e não como uma possibilidade de construção e integração com as demais ciências e com as necessidades diárias do cidadão comum. Assim, currículos progressistas, órfãos de mudanças político-econômicas também necessárias assim como o aval de uma comunidade científica desinteressada pelos problemas da educação, acabam sendo relidos, quando muito, sob a ótica de uma ciência como descoberta, onde

---

<sup>17</sup> Uma passagem do *De corporis humani fabrica*, de Andrea Vesalio (Rossi, 1989), escrito em 1543, mostra o grau de separação a que haviam chegado a ciência e a técnica na primeira metade do século XVI.

reduzimos sua essência quase à crença religiosa, no sentido de uma verdade absoluta, imutável (p.74).

Tradicionalmente, o Ensino da Física, em todos os níveis, tem se concentrado no acúmulo de informações, na apresentação dos 'produtos' da ciência e no desenvolvimento de habilidades operacionais. Este tipo de abordagem é necessária, mas não suficiente. Sem a correspondente discussão fenomenológica da natureza das ciências experimentais fica difícil a compreensão das diferentes linguagens da Física – oral, gráfica, matemática, computacional – indispensáveis para a construção dos conceitos científicos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2005, p. 219).

Melo e Peduzzi (2007) reforçam esta idéia ao afirmarem que o Ensino da Física tem priorizado o produto final da ciência, encerrando, em uma visão simplificada e, por vezes, equivocada, a natureza e construção do conhecimento científico e a imagem do próprio cientista. Para esses autores (MELO; PEDUZZI, 2007) a História e a Filosofia da ciência podem contribuir para uma imagem mais crítica e humana da gênese e do desenvolvimento da ciência, desmistificando a atividade científica.

Diante de todos os argumentos acima discutidos, a favor e contra o uso da História da Ciência no Ensino de Ciências, da Física em particular, defende-se nesse trabalho a necessidade de uma inserção de qualidade da História da Ciência nas aulas de Ciências. Uma inclusão desse tipo, como se pode pensar a partir das reflexões acima, apresenta mais benefícios do que malefícios. Inserção da História da Ciência de qualidade nas aulas de Ciências significa ter material didático de história de qualidade, a ser trabalhado por professores com formação apropriada. Portanto, há que se produzir material didático de qualidade, ao mesmo tempo em que os cursos de formação de professores se ajustem em prol do uso adequado de material histórico.

## **Capítulo 2 – Computador - Ferramenta de Ensino-Aprendizagem da Física**

Uma vez que se pretende planejar e organizar uma ferramenta multimídia de abordagem histórica, o capítulo precedente serviu para discussão do uso da História da ciência no Ensino de Ciências, com suas vantagens e desvantagens.

Nesse capítulo será debatido o uso do computador como ferramenta pedagógica para o ensino-aprendizagem, buscando uma fundamentação teórica sobre suas vantagens e desvantagens. Para tanto, se discutirá o uso dessa ferramenta para processo de ensino aprendizagem na educação e, posteriormente, no caso específico do Ensino da Física. Finalmente, serão apresentadas as diversas maneiras de uso do computador como ferramenta pedagógica para o Ensino da Física.

### ***2.1. Computador na Escola***

As tecnologias desenvolvidas pelo homem têm provocado grandes transformações no dia-a-dia das pessoas, principalmente no tocante às maneiras de se comunicar, assim como foi com o surgimento da escrita, da imprensa e da informatização (KERNAN, 1994; LÉVY, 1993). O avanço tecnológico e a globalização agilizaram, de forma avassaladora, o nível, a quantidade e a qualidade das trocas de informações neste início de milênio. Não há dúvida que as formas atuais de transmissão da informação e do conhecimento têm como base, em grande parte, a informática. Mesmo em países menos favorecidos economicamente, essas formas de transmissão de dados acabam, através de políticas de inclusão digital, atingindo as escolas (BRASIL/MCT/SERPRO, 2007). O número de cursos à distância tem aumentado em todo o mundo.

A utilização de algumas tecnologias, das quais se destaca o computador, vem permitindo que o processo de ensino-aprendizagem sofra sensíveis transformações. O computador, deixando o estigma de calculadora

sofisticada, começa a ser empregado na construção do conhecimento (GUERRA, 2000). Assim, inicialmente, muitos achavam, erroneamente, que o computador havia chegado à escola para solucionar todos os problemas de aprendizagem – a grande Caixa de Pandora<sup>18</sup> – e que conseqüentemente, substituiria o professor. Por um lado, como discutiremos mais adiante, melhorar o processo de ensino-aprendizagem não é um atributo inerente ao computador, mas uma conseqüência vinculada ao modo como é utilizado. Por outro, não devemos tirar os méritos das novas tecnologias da informação e comunicação (TIC), para a educação. No entanto, é preciso cautela, não podemos cair no erro de considerar o computador, mesmo aliado a outras tecnologias, como solucionador definitivo de todos os problemas de aprendizagem.

## **2.2. Computador como Ferramenta de Aprendizagem**

As primeiras iniciativas de utilização do computador, como recurso de ensino, são creditadas a Seymour Papert, coordenador da criação da linguagem LOGO (SOUZA, 2003). LOGO é uma linguagem de programação, ou seja, é um conjunto de regras sintáticas e semânticas para dar instruções ao computador. Essa linguagem de programação foi desenvolvida na década de 1970, no MIT (Massachusetts Institute of Technology), com o objetivo de criar ambientes nos quais os alunos pudessem aprender a se comunicar com computadores (SOUZA, 2003).

O matemático Papert começou a se interessar por educação depois que foi para a Suíça e trabalhou com Jean Piaget na Universidade de Genebra. Naquela época, ele já defendia a utilização de computadores, por crianças, para desenvolver a criatividade e constituir conhecimentos (SOUZA, 2003). Assim, Papert baseou-se nas contribuições de Jean Piaget sobre o desenvolvimento cognitivo de crianças para colocar em prática o projeto de implementação da linguagem LOGO (PAPERT apud GIORDAN, 2006). Papert sugeriu que o raciocínio analítico desenvolvido para programar um computador

---

<sup>18</sup> Caixa de Pandora – termo usado em sentido figurado quando se quer dizer que alguma coisa, sob uma aparente inocência ou beleza, é na verdade uma fonte de calamidades.



poderia ser transferido para outras situações de resolução de problemas sem a presença da máquina (PAPERT apud GIORDAN, 2006). Foi, então, durante os anos 1960, que ele desenvolveu a linguagem LOGO, como metodologia de ensino em ambiente virtual, muito fácil de ser manipulada por crianças e por leigos em informática.

Papert sustentava que uma revolução no ensino aconteceria a partir da inclusão da informática na vida escolar de professores e alunos. Segundo Giordan (2006) essa hipótese não se provou consistente:

(...) um outro aspecto do debate sobre as aplicações das linguagens de programação na Educação Básica, diz respeito à demanda por aprender uma sintaxe de comandos, para a qual os aplicativos de compilação, que transformam a seqüência de comandos em instruções binárias, não admitem erros. Nessas circunstâncias, o domínio da sintaxe da linguagem de programação é um pré-requisito sem o qual o aluno não avança nas atividades de resolução de problemas. Pontuação, espaços, ordem das operações e outros requisitos sintáticos constituem um extenso conjunto de regras, que se não forem cumpridas, inviabilizam o processamento computacional e, portanto, a interação aluno-computador (...) ao contrário das regras de sintaxe da linguagem humana, que mesmo não sendo estritamente seguidas, não impedem a interação entre os alunos. É fato que sendo a linguagem estruturadora da comunicação, seja entre pessoas ou entre pessoas e máquinas, ela condiciona o desenvolvimento de funções mentais superiores, a aprendizagem e, portanto, as ações da sala de aula, com ou sem computador (p. 282).

Giordan (2006) completa que:

(...) a transferência de habilidades de comunicação pessoa máquina desenvolvidas em meio às atividades de programação de computadores para outras situações de resolução de problema não foi verificada em diversas pesquisas (p. 283).

É necessário assinalar, portanto, que a programação em LOGO se mostra, particularmente, efetiva para o desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas à própria programação e para a capacidade de resolução de problemas dos alunos, aprimorada em situações que requisitam a própria linguagem (GIORDAN, 2006).

### **2.3. Computador na Educação: Visões Críticas**

As pesquisas, sobre o uso de computadores, têm desencadeado uma profunda discussão sobre suas funções no processo ensino-aprendizagem. Essas discussões têm se centrado em sua utilização, como meio para

aumentar o desempenho dos alunos no processo ensino-aprendizagem e, assim, diminuir os altos índices de evasão e repetência. Alguns acreditam que, com o uso do computador nas escolas, os problemas educacionais estariam resolvidos (MORAIS, 2003). Outros, como Gil-Pérez (2005), chamam atenção sobre as visões simplistas dos que defendem o uso dessas novas tecnologias no ensino/aprendizagem. Esse *boom* de uso do computador como ferramenta pedagógica parecia, mais uma vez, como uma nova Caixa de Pandora, capaz de resolver todos os problemas de aprendizado das ciências. Portanto temos, por um lado pesquisadores eufóricos considerando o uso da máquina para aprendizagem como a grande salvação, por outro temos investigadores absolutamente pessimistas e céticos quanto aos benefícios do seu uso educativo.

Conforme Valente (2001), os argumentos, usados pelos defensores da informática educativa, consideram que o computador: (1) melhora o rendimento, tanto de professores quanto de seus alunos; (2) revoluciona o processo de ensino-aprendizagem; (3) faz parte da nossa vida, portanto, a escola deve preparar os alunos para lidar com a tecnologia; (4) é um meio didático utilizado para demonstrar um fenômeno, um conceito; e (5) motiva e desperta a curiosidade do aluno. Ultimamente severas críticas a esses argumentos têm surgido. O próprio Valente (2001) é um desses críticos, pois tem afirmado que o otimismo a favor do uso indiscriminado para aprendizagem tem razões pouco fundamentadas. Para ele,

(...) é uma grande falácia que crianças e jovens têm que aprender a usar computadores agora, pois caso contrário eles ficarão para trás em sua futura busca por empregos profissionais. Computadores estão ficando tão simples de usar e de aprender, tutoriais e ajuda ("help") "on-line" estão tornando-se tão poderosos que qualquer pessoa será capaz de aprender a usar computadores bem rapidamente em qualquer idade (VALENTE, 2001, s/n).

Valente (2001) lembra, ainda, que muitos defendem o uso do computador na escola, pois

(...) o trabalho com computadores - particularmente o uso da Internet - traz aos estudantes excelentes contatos com professores, outras escolas e estudantes, e uma ampla rede de profissionais ao redor do mundo. Esses contatos temperam o dia escolar com um sentido de relevância para o mundo real, e alargam a comunidade escolar (s/n).

Para esse autor (VALENTE, 2001), o computador ajuda os estudantes na troca rápida de informação e de correspondência com outras pessoas. No entanto, ele adverte que

(...) esse tipo de interação requer uma boa dose de maturidade por parte do aluno. (...) O fato é que esse tipo de interação não existia antigamente, onde havia, cremos, mais coesão social. Nossas conjeturas para os resultados dessas interações virtuais não são positivas. Nossa recomendação a esse respeito é que esses contatos através da Internet (...) sejam sempre cuidadosamente programados e acompanhados pelos professores, que deveriam estar atentos para o que acontece durante essas sessões (principalmente de "chats", troca interativa de mensagens) (VALENTE, 2001, s/n)

Defendemos que a escola, como local de formação, não pode ficar a reboque e deve fazer uso das novas tecnologias e, assim, diversificar o processo de ensino-aprendizagem. Uma das funções da escola é possibilitar que seus alunos se apropriem e façam uso dos conhecimentos partilhados pela sociedade e, sem dúvidas, as novas tecnologias precisam ser apropriadas. No entanto, é necessário destacar que, por um lado, as novas tecnologias não podem ser consideradas a base de uma tendência transformadora no ensino, como alguns defendem. Por outro, é necessário reconhecer que, apesar disso, o computador é uma poderosa ferramenta de formação. É preciso, no entanto, entender a melhor forma de usá-lo com este fim.

Em resumo, percebe-se que o uso do computador na Educação pode ser um grande auxílio, no entanto, não é a solução dos problemas de aprendizagem. Apesar de defendermos o uso do computador para o processo de ensino, temos consciência de que não é com ele que solucionaremos os problemas de aprendizagem da Física, ele não passa de uma ferramenta. Reconhecemos a necessidade urgente de mudanças com relação ao conteúdo apresentado e como ele é abordado nas salas de aula. Sabemos, também, da existência de um fosso muito grande entre o aprendido e o produzido no mundo moderno. Atualização demanda não só uma revisão dos conteúdos, mas uma mudança nas metodologias de ensino. A informática, sobretudo, precisa estar cada vez mais presente na sala de aula por seu grande potencial de formação. Muitos reconhecem a necessidade do uso das novas mídias em sala de aula, mas poucos parecem preparados para usá-las.

## **2.4. Aplicações do computador no Ensino da Física**

Computadores na Educação são usados na administração, em laboratórios e na sala de aula. Segundo Gobara (et al., 2000), na sala de aula o computador pode ter três funções:

- Biblioteca (banco de dados);
- Tutor (orientando a aprendizagem como nos antigos manuais de instrução programada); e
- Meio de interação com o aprendiz.

É tendo em mente essa última função, juntamente com a demanda dos professores de Física por novas matérias, métodos e ferramentas de ensino-aprendizagem, que, com esse trabalho, se pretende construir uma ferramenta multimídia para aprendizagem da Gravitação Universal.

O grande número de reprovações em Física na escola de nível médio é notório, não só no Brasil como em outros países, sendo inúmeras as causas apontadas para esse desempenho. Para Fiolhais e Trindade (2003), uma das causas, que tem relação direta com o trabalho docente, seria a não utilização de meios mais modernos no processo de ensino. Segundo Hestenes (apud FIOLHAIS; TRINDADE, 2003), os métodos tradicionais de ensinar Física são antiquados e inadequados. Lawson e McDermott (apud FIOLHAIS; TRINDADE, 2003), confirmam isso quando argumentam os problemas de aprendizagem são esperados, pois conceitos complexos e difíceis de visualizar só são apresentados de forma verbal ou textual. Ou seja, a diversificação dos meios utilizados pelo professor para ensinar Física é essencial, não cabendo mais a mera exposição verbal ou a simples resolução de exercícios do livro texto. Da forma como a sociedade se desenvolveu, e conseqüentemente os meios tecnológicos, não há dúvidas de que a exposição verbal deve ser atrelada a outras metodologias e ferramentas de ensino.

A necessidade de diversificar os métodos de ensino para solucionar as deficiências de aprendizagem ajudou, portanto, a alavancar o uso do computador no ensino em geral e no Ensino da Física em particular (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

(...) Aos computadores, cada vez mais velozes e cada vez com maior capacidade de tratamento e de representação de dados, juntaram-se modernamente novas interfaces entre homem e máquina (capacetes de visualização imersiva, luvas de dados, etc.). Surgiram assim novas oportunidades de usar tecnologias da informação na educação e de concretizar com elas novas formas de aprendizagem. Os computadores modernos oferecem inegavelmente um grande número de possibilidades para ajudar a resolver alguns problemas concretos do ensino das ciências (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p.260).

Portanto, inúmeros pesquisadores (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; COSTA et al., 2006; SILVA et al., 2002, MOREIRA et al., 2004; FIOLHAIS; TRINDADE, 2003; VEIT et al., 2002; VEIT; TEODORO, 2002) defendem que o computador se apresenta como uma ferramenta potencialmente significativa para ser usada no processo de ensino e aprendizagem da Física. Apesar dessa defesa, cabe ressaltar que o uso do computador como ferramenta pedagógica apresenta potencialidades, mas também tem seus limites, a serem destacados.

Então, quais são os aspectos positivos e negativos apontados pelos pesquisadores quanto ao uso do computador como ferramenta de Ensino da Física?

## **2.5. Potencialidades do uso do computador no Ensino da Física**

Inúmeros são os aspectos apontados como positivos para o uso do computador como ferramenta no Ensino da Física. É defendido que o computador no Ensino da Física pode:

1. Facilitar a resolução de problemas que envolvam o conhecimento de cálculo diferencial e integral (COSTA et al., 2006);
2. Poder ser utilizado como livro eletrônico, em complementação ao livro texto (SILVA et al., 2002);
3. Possibilitar a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, através da modelagem computacional (MOREIRA et al., 2004);
4. Possibilitar uma forma de aprendizagem interativa (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003);

5. Permitir a realização de medições de grandezas físicas em tempo real que lhes fornecem respostas imediatas a questões previamente colocadas, aquisição de dados por computador (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003);
6. Simular experiências difíceis de serem realizadas por seus altos custos, por serem perigosas, por serem demasiadamente lentas ou rápidas (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003);
7. Permitir a inserção de uma variedade de elementos, tais como texto, som, imagem, simulações, vídeos, etc. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003); e
8. Colocar o aluno em ambientes que permitam a interação deste com a máquina de forma irrestrita ou com mínimas restrições, realidade virtual, (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Como podemos ver o potencial significativo do uso do computador no Ensino da Física é inegável. Para Fiolhais e Trindade (2003),

(...) o balanço da utilização do computador no ensino revela-se inegavelmente positivo. Não apenas por ele ser um instrumento que é hoje imprescindível a um ensino ativo, baseado na descoberta progressiva do conhecimento pelo aluno e na maior autonomia da sua aprendizagem, mas também porque, levantando novas questões e ressuscitando algumas questões antigas, relançou a discussão em torno de assuntos cruciais como as relações professor-aluno, aluno-aluno e o desenvolvimento das capacidades do professor e do aluno (p.270).

Devemos, no entanto, ter cuidado, para não eleger o computador como a chave de uma mudança radical, que levará à solução de todos os problemas do Ensino da Física. Como dito em outras passagens deste trabalho, o computador também não é a solução de todos os problemas educativos, mas acreditamos em seu potencial como ferramenta de ensino. Defendemos a idéia de que resultados positivos podem ser alcançados na aprendizagem, caso o computador, aliado a outras ferramentas de ensino, venha a ser usado na escola. Pode-se aliar o uso do computador, por exemplo, à abordagem do tipo histórica e/ou CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), ao uso do livro didático, às atividades práticas, à modelização, à pesquisa, etc.

Para finalizar essa seção, é importante ressaltar que atualmente o uso do computador está cada vez mais facilitado, pois uma grande parcela de alunos lhe tem acesso, com a maioria das escolas contando com computadores disponíveis para os estudantes. Alunos da rede particular, no entanto, são ainda mais privilegiados, pois muitos têm, em suas residências, computador com acesso rápido a internet, televisão por assinatura, com os mais variados canais, incluindo os de divulgação científica; revistas especializadas em divulgação científica, celulares com acesso a redes de comunicação, etc. Então, por que não aproveitar essas facilidades?

## **2.6. Computador no Ensino da Física - Limitações**

Muitos educadores acreditavam que o computador, por oferecer um grande número de possibilidades de aplicações, fosse uma máquina capaz de substituí-los. Com o passar do tempo, no entanto, isso não se tornou realidade, concluindo-se que isso não acontecerá. Nas salas de aula o professor continua sendo a chave detonadora do processo de ensino-aprendizagem. Assim, as reais possibilidades de uso do computador no ensino continuam sendo motivo de pesquisa.

(...) Como instrumento de ensino, o computador não conseguiu ainda um lugar proeminente. Continuam a faltar provas da utilidade de programas computacionais, que mostrem como eles se integram no currículo e contribuem para o maior sucesso escolar. Por vezes, o computador é visto, tanto por discentes como por docentes, mais como uma máquina de entretenimento do que como uma ferramenta de trabalho (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p.270).

Um aspecto muito importante, apontado por Fiolhais e Trindade (2003), diz respeito à falta de pesquisas mostrando o real potencial dos programas computacionais no ensino. Há quem divida os principais problemas associados ao uso do computador, no Ensino da Física, em questões de natureza material e pedagógica (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). Para os autores (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003) os aspectos de natureza material podem ser listados como sendo:

- O fato de o hardware se tornar rapidamente obsoleto. Com os avanços diários da tecnologia os hardwares<sup>19</sup> carecem de uma constante reformulação; pois a velocidade no processamento das informações depende da qualidade dos componentes que constituem o computador.
- A disponibilidade de hardware (na maioria dos estabelecimentos de ensino ainda não existe um computador para cada aluno). O computador já é realidade na maioria das escolas, mas em muitas ainda é utilizado para a administração escolar. O país carece de políticas públicas que visem à inserção do computador de forma maciça nas salas de aula para ser usado como ferramenta pedagógica.
- As conexões dos hardwares do computador (problemas de conexão, tomadas, etc.) e a manutenção dos equipamentos. Quando, por exemplo, apenas o mouse apresenta problemas, a escola não tem fundos para reposição, levando uma máquina inteira a ficar em desuso. A maior parte das salas de aula foi projetada em uma época em que o uso do computador no meio educacional ainda não existia ou era impossível.

Por outro lado, as questões de natureza pedagógica são (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003):

- A maior parte dos programas para computador (softwares) deixa muito a desejar, não sendo utilizados pelos alunos em sala de aula, nem em casa. Uma boa parte dos programas não atende às características que o mercado exige, tais como boa apresentação, teoria cientificamente fundamentada, fácil manejo, uso de meios multimodais, etc.
- A avaliação dos programas é difícil, dado o número crescente destes. Isso dificulta o conhecimento dos programas mais relevantes não podendo o professor apreciar devidamente a adequação destes às suas necessidades pedagógicas. Os programas se multiplicam com grande velocidade. No entanto, para que possam ser utilizados em sala de aula

---

<sup>19</sup> Hardware é a parte física do computador, ou seja, é o conjunto de componentes eletrônicos, circuitos integrados e placas, que se comunicam através de barras.



é necessário que passem por uma avaliação técnica, que se torna inviável diante do número de programas e a falta de profissionais qualificados para fazer isso ou de parâmetros.

- Dificuldades na obtenção de softwares de boa qualidade. Muitas vezes o resultado da apresentação pelo professor de certo software na sala de aula é monótono para os alunos. A interação entre o aluno e o material é fundamental. Se apenas o professor interage com o material e o aluno fica como espectador o resultado tende a ser negativo.
- Falta de formação dos docentes para utilizarem as novas tecnologias. De fato, de nada serve utilizar os melhores hardwares e softwares na sala de aula se o professor não estiver qualificado para isso e profundamente envolvido. É fundamental o professor saber utilizar o computador e os softwares disponíveis. O professor não deve apenas saber operar a máquina, deve ter domínio dos meios de utilização pedagógica dos softwares.

Para o ensino da Física, em especial, são inúmeras as possibilidades de uso do computador. No entanto, o professor deve ser cauteloso, para que o seu uso conduza a resultados positivos, pois ao invés de solução, pode levar ao surgimento de novos problemas na aprendizagem. Basta lembrarmos aqui rapidamente, por exemplo, que a internet tem muito lixo que, se usado nas pesquisas dos alunos, pode levá-los a construir um conhecimento problemático.

## ***2.6. Modos de utilização do computador no Ensino da Física***

O computador tem lugar garantido a ser usado por qualquer disciplina e, para o Ensino da Física, não poderia ser diferente. No Ensino da Física, o computador pode ser usado para: a aquisição de dados, realização de simulações, modelização, apresentação de realidade virtual, “enxergar” fenômenos difíceis de serem vistos de outra forma, busca de informações, dados, filmes e outros via internet, etc.

### 2.6.1. Aquisição de dados

Nos Laboratórios de Física, sem dúvida, o computador tem seu lugar cativo, facilitando sensivelmente a aquisição de dados experimentais. A utilização de interfaces apropriadas, cada dia mais fáceis de serem utilizadas e mais baratas, permite aos alunos efetuar medições e facilmente controlar variáveis, tais como posição, velocidade, aceleração, força, temperatura, etc. Para Fiolhais e Trindade (2003), ao propiciar aos alunos à realização de medições de grandezas físicas em tempo real, o computador permite novas situações de aprendizagem, fornecendo-lhes respostas imediatas a questões previamente colocadas. Além disso, a apresentação gráfica dos dados pelo computador facilita a leitura e interpretação desses dados rapidamente.

Cabe ressaltar, no entanto, que, apesar dessas facilidades, o computador tem sido subutilizado nos laboratórios didáticos. Para Aguiar e Laudares (2001), o computador tem sido bastante utilizado para a aquisição de dados. No entanto, os autores chamam atenção desse uso com auxílio de Kit's pré-fabricados, que são "caixas pretas" com pacotes de circuitos eletrônicos e programas, produzidos por empresas especializadas, que tem um alto custo e forma de operação desconhecida pelo professor.

(...) em geral é difícil usar estes pacotes para realizar experimentos diferentes daqueles para os quais eles foram projetados, o que limita a sua utilidade didática. Esta falta de flexibilidade tem origem, em parte, nos programas de aquisição e tratamento de dados contidos nos kits, que raramente podem ser modificados ou mesmo compreendidos por professores e estudantes (AGUIAR e LAUDARES, 2001, p.371).

A aquisição de dados por meio do computador apresenta-se como uma ferramenta de grande potencial para o Ensino da Física, mas dependente do desenvolvimento de recursos técnicos que atendam as várias necessidades e conduzam à redução dos custos e uso mais "amigável" aos usuários<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> A esse tipo de característica os ingleses chamam de "*user friendly*".

### **2.6.2. Modelização e Simulação**

A modelização e a simulação via computador, são, talvez, as formas mais populares de uso do computador para aprendizagem da Física (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003; ARAÚJO et al., 2004).

Fiolhais e Trindade (2003) explicam a diferença entre modelização e simulação. A simulação computacional consiste em empregar técnicas matemáticas em computadores, para “imitar” um processo ou fenômeno do mundo real. Assim, ao se fazer uma simulação, constrói-se um modelo computacional, que possa corresponder à situação real a ser simulada. Portanto, só podemos fazer uma simulação após feita a modelização. Logo, o termo modelização costuma ser utilizado quando a ênfase é dada à programação do modelo, ao passo que a simulação se refere à situação em que o modelo é utilizado para observar os fenômenos simulados.

A modelização permite a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, possibilitando que compreendam melhor os modelos físicos e discutam os seus contextos de validade (ARAÚJO et al., 2004). Para a criação de modelos físicos em computadores (modelização computacional) é necessário aos professores e alunos dominarem tanto a programação computacional, quanto a Matemática e a Física. Neste caso, considera-se que o modelo será completamente construído pelo programador, o professor ou o aluno. Diante disso, as atividades de modelagem computacional, apesar de serem muito utilizadas no Ensino da Física, não são fáceis de serem desenvolvidas. O seu grande uso no Ensino da Física está ligado ao uso de modelos computacionais previamente elaborados (modelos exploratórios). Nesse tipo de modelo o aluno tem como função analisar como diferentes grandezas se relacionam entre si ou visualizar a simulação de um evento físico (ARAÚJO et. al, 2004).

São muitos os conceitos físicos que, para serem entendidos, necessitam de grande abstração, algo que contribui para dificuldades de aprendizagem. Um exemplo seria a dificuldade dos alunos em visualizarem fenômenos que ocorrem em micro escala, ou de corpos que se movimentam com alta velocidade. Além disso, muitas experiências são difíceis de serem realizadas

por exigirem um grande e caro aparato material. A simulação computacional aparece como uma forma auxiliar, que visa contribuir para a solução desses problemas.

Qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, que pode ser “matematizado” e processado pelo computador a fim de fornecer animações, chamadas de realidade virtual. A realização de uma simulação computacional pressupõe, necessariamente, a existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Inicialmente os programas de simulação eram limitados, mas foram surgindo interfaces cada vez mais perfeitas, permitindo a manipulação gráfica das variáveis de entrada e fornecendo saídas na forma de gráficos e animações. Com isso, as simulações ganharam muito em interatividade, pois o aluno pode alterar as variáveis e perceber quais alterações ocorrem na situação estudada. Algumas simulações podem se reverter de um caráter de jogo, fornecendo uma recompensa para realização de certo objetivo, aumentando bastante o seu caráter pedagógico (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003, p.265).

Muitos são os benefícios atribuídos ao uso de simulações no Ensino de Ciências, em especial no Ensino da Física. Medeiros e Medeiros (2002) apontam os vários benefícios do uso do computador como ferramenta pedagógica. Em nosso ponto de vista há certo exagero na lista de benefícios apontadas por esses autores, para os quais:

- Reduz o ruído cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- Fornece feedback para ajudar na compreensão dos conceitos;
- Permite aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente;
- Permite aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- Engaja os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- Envolve os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- Apresenta versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;

- Torna os conceitos abstratos mais concretos;
- Reduz a ambigüidade e ajuda a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- Serve como preparação inicial para a compreensão do papel do laboratório na construção do conhecimento científico;
- Desenvolve habilidades de resolução de problemas;
- Promove habilidades do raciocínio crítico;
- Fomenta compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- Auxilia os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta; e
- Acentua a formação dos conceitos e promove mudança conceitual.

Como se percebe, muitos são os argumentos positivos na defesa do uso de simulações computacionais no Ensino da Física, porém há também limites. Para Medeiros e Medeiros (2002),

(...) há um grande risco implícito na adoção acrítica das simulações no Ensino da Física, pois elas apresentam certas desvantagens, algumas vezes negligenciadas. Seria primordial notar-se que um sistema real é frequentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade (p.80).

Ou seja, torna-se necessário que o professor esclareça seus alunos sobre as simulações ali realizadas, que na maioria das vezes, representam modelos ideais, ou seja, são idealizações. É necessário lembrá-los que no mundo real muitos fatores influenciam os resultados, que não são considerados pelo modelo. Logo, fica evidente a necessidade da realização de aulas experimentais, nas quais os alunos tenham contato com os fatores que distanciam um modelo real de um ideal. Ou seja, é preciso lembrar que o uso exclusivo de simulações computacionais em Física pode ter um efeito contrário e comunicar concepções do fenômeno opostas àquelas pretendidas pelo educador com o seu uso (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Por mais encantadoras que possam parecer as simulações computacionais, com suas cores, movimentos e sons, é preciso levar em conta que não se constituem, via de regra, como o principal caminho de acesso aos raciocínios não verbais. Os movimentos corporais, o tato, a manipulação de objetos reais, a construção de relacionamentos no mundo físico estão, também, entre os seus principais fundamentos (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Compactuo com Medeiros e Medeiros (2002) o entendimento de que o computador não é a solução dos problemas de aprendizagem da Física, pois, ainda não temos uma ferramenta pedagógica perfeita. Não há ferramenta capaz de suprir todas as necessidades que o Ensino da Física apresenta para se tornar efetivo. As simulações computacionais são de grande valia, mas não podemos nos esquecer de diversificarmos as ferramentas de ensino, para não tornarmos as aulas maçantes.

### **2.6.3. Multimídia**

A multimídia<sup>21</sup> é um meio de processar a informação pela conjugação de vários tipos de mídia como textos, gráficos, animações, vídeos e sons. A multimídia apresenta um potencial específico para o Ensino da Física, tornando possível a animação de fenômenos e a simulação de modelos físicos (REZENDE, 1998). Esta modalidade de utilização do computador baseia-se no conceito de hipertexto ou, de forma mais abrangente, hipermídia (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). O termo hipertexto é utilizado para se referir a um texto em forma digital, ao qual são agrupados conjuntos de outras informações textuais em forma de blocos. Esses blocos de informações são acessados nesse hipertexto através de “janelas” denominadas de *links* ou *hiperlinks*. Os *links*, podem estar no texto principal de forma destacada ou como ícones, e servem para que o usuário possa conectar as diversas informações. Segundo Ramal (1997), hipertexto é, como diz o próprio nome, algo que está numa posição superior à do texto, além do texto. Como descrito, dentro do hipertexto existem

---

<sup>21</sup> De acordo com os pesquisadores da Universidade da Carolina do Norte, multimídia corresponde à integração de diferentes modalidades de mídia: gráficos, imagens, textos, áudio, animação (que possibilita melhor visualização de imagens em 3-D, enriquece representações gráficas, permite mapear fenômenos que mudam com o tempo, etc) e vídeo (utilizado para mostrar coisas que se movem) na representação de dados.

vários *links*, permitindo tecer o caminho para outras “janelas” conectando determinada expressão com novos textos, possibilitando a distância da linearidade da página e se parecendo mais com uma rede.

Hipermídia é a reunião de várias mídias em base computacional de sistemas eletrônicos de comunicação. O conceito Hipermídia apareceu nos anos 1960, cunhado por Theodor Holm Nelson. Existem discussões acirradas se o termo hipertexto tem o mesmo significado que hipermídia. Cabe aqui ressaltar que o professor Ted Nelson é autor tanto do termo hipertexto, quanto da expressão hipermídia. Na verdade, a hipermídia é o hipertexto acrescido de outras mídias, como som, imagens, etc., além do texto escrito.

As características essenciais das multimídias ou do hipertexto são a interatividade e a flexibilidade na escolha do caminho a seguir. Ao relacionar dentro de uma estrutura hipertextual unidades de informação de natureza diversa (texto verbal, som, imagem), o texto hipermodal gera uma nova realidade comunicativa que ultrapassa as possibilidades interpretativas dos gêneros multimodais tradicionais (BRAGA, 2005). Para Braga (2005) o potencial comunicativo diferenciado do texto hipermodal pode:

(...) favorecer a construção de textos e materiais didáticos, já que uma mesma informação pode ser completada, reiterada e mesmo sistematizada ao ser apresentada ao aprendiz na forma de um complexo multimodal. Mais especificamente, a apresentação de uma mesma informação através de diferentes modalidades pode ser explorada para gerar uma representação diferenciada de uma mesma informação, de modo a favorecer a compreensão e a aprendizagem dessa informação. A literatura também indica que a escolha de caminhos em materiais construídos de forma hipertextual e hipermodal pode auxiliar a aprendizagem, na medida em que permite ao aprendiz fazer escolhas de caminhos e canais de recepção que são mais adequados às suas necessidades e também aos seus estilos cognitivos e modos de aprender (p.150).

Machado e Santos (2004) apontam os trabalhos de Paolucci (1998), Rezende (2001) e Lião (1999), como exemplos de pesquisas evidenciadoras do potencial significativo da hipermídia no Ensino da Física. Machado e Santos (2004), concluem que a hipermídia apresenta potencial para o desenvolvimento de atividades na área educacional, podendo tornar a aprendizagem motivadora e significativa, mediante os recursos audiovisuais e a capacidade de propiciar o estabelecimento de conexões entre conceitos de modo rápido e eficiente.

Cabe ressaltar que o sucesso da hiperfídia, no Ensino de Ci4ncias, ainda 4 limitado e carece de pesquisas. Por4m, o papel da hiperfídia para a motiva43o dos alunos pelo tema estudado 4 algo a n3o ser desconsiderado (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

#### **2.6.4. Realidade Virtual**

A realidade virtual 4 definida, por Harison e Jaques (1996), como o conjunto de tecnologias que permitem fornecer ao homem a mais convincente ilus3o de estar em outra realidade; essa realidade (ambiente virtual) apenas existe no formato digital na mem3ria de um computador. Para Fraga et al. (2002),

(...) a Realidade Virtual (RV) tem sido disponibilizada como tecnologia de ponta para aprendizagem, oferecendo grande potencial para aplica43es em muitas 3reas, especialmente para simula43es computacionais. RV 4 considerada como uma nova e avan4ada interface computacional para modelos 3D (tr4s dimens3es), que apresenta um novo mundo de possibilidades para a intera43o homem-m3quina. Ela fornece um ambiente no qual os usu3rios s3o capazes de interagir e visualizar simula43es ou conjuntos de dados complexos numa forma interativa (p.186).

As principais caracterfsticas da realidade virtual em benefcio da educa43o s3o a imers3o (a maioria das sensa43es prov4m do ambiente virtual), interatividade (navega43o livre, escolha do referencial, etc.) e a manipula43o (a43es realizadas tal como no mundo real) (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Seu prop3sito principal 4 dar a ilus3o de imers3o num mundo gerado pelo computador. Isso pode ser mais bem realizado por meio de equipamentos especiais que capacitam os usu3rios a perceberem e manifestarem a si mesmos em outra realidade atrav4s de canais multissensoriais (FRAGA et al., 2002).

A realidade virtual fornece um conjunto de caracterfsticas que a tornam 4nica como meio de aprendizagem (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003), pois:

(1) O aluno 4 livre para interagir diretamente com os objetos virtuais, realizando experi4ncias na primeira pessoa; (2) Os ambientes virtuais permitem situa43es de aprendizagem por tentativa e erro que podem encorajar os alunos a explorar uma larga escolha de possibilidades;



(3) O ambiente virtual pode oferecer feedbacks<sup>22</sup> adequados, permitindo aos alunos centrar a sua atenção em problemas específicos; e (4) Um sistema de realidade virtual pode adquirir e mostrar graficamente dados em tempo real (p. 267).

Um exemplo de aplicação da realidade virtual no Ensino da Física pode ser visto no sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico (FRAGA et al., 2002). Esse sistema possibilita aos usuários criar, manipular e visualizar cargas, como também representar o campo elétrico através da combinação das três técnicas de visualização científica (VC<sup>23</sup>). A meta principal da ferramenta é construir um sistema no qual o usuário (usualmente um estudante) seja capaz de representar e visualizar a solução de problemas práticos relacionados ao campo elétrico. O sistema estabelece um ambiente no qual o usuário pode reproduzir problemas baseados em livros ou até mesmo problemas questionados pelo professor ou pelo próprio aluno, atuando como um mecanismo alternativo para o entendimento do Eletromagnetismo, especialmente para a simulação de problemas de livros.

Em última análise, a realidade virtual é um poderoso instrumento no Ensino da Física, pois além de permitir a interação com modelos tridimensionais bastantes realistas, oferece ao aluno uma experiência multisensorial (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

### **2.6.5. Internet**

A internet surgiu durante a Guerra Fria, nos anos 1960. Nessa época a União Soviética e os Estados Unidos da América estavam investindo solidamente em meios de comunicação mais rápidos e eficientes. As duas superpotências entendiam que nas condições que se apresentavam a disputa seria vencida por quem fosse mais eficaz em termos de comunicação (CARVALHO, 2006).

---

<sup>22</sup> Feedback é um termo inglês que significa provimento de informações para que se possa reorientar o processo. Por exemplo, são necessárias informações sobre o desempenho de escolas para se poder planejar os passos a serem dados.

<sup>23</sup> A visualização científica tem como função fornecer percepção em conjuntos de dados grandes e complexos, descrever ambientes e visualizar processos de simulação por meio de técnicas de computação gráfica.

Uma superpotência temia ser atacada pela outra. O clima era muito tenso e, em caso de ataque, informações sigilosas poderiam se perder. Os EUA planejaram, naquele momento, uma forma de descentralização na troca e compartilhamento de informações, de forma que, se algum local fosse atacado, as informações não se perderiam. Foi, assim, criada a rede de compartilhamento de recursos de computadores interligando os computadores, ou seja, nasceu a ARPANET (Advanced Research Projects Agency). A ARPANET funcionava através de um sistema de transmissão de dados em rede de computadores (CARVALHO, 2006).

Segundo Carvalho (2006), ao final da Guerra Fria, o sistema acaba sendo dividido em dois outros a MILNET (rede militar) e a nova ARPANET (livre). Assim pesquisadores e estudantes e outras pessoas passam a ter acesso a ARPANET, isso acaba sendo o surgimento da internet.

O “protocolo da internet” (*Internet Protocol*), conhecido pela maioria hoje em dia como IP, é um esquema técnico que permite que as informações “andem” pelas redes conectadas ao endereço IP. Existem redes grandes e outras menores conectadas de forma mais ou menos anárquica, assim a internet acaba não tendo um dono (CARVALHO, 2006).

O interesse pela rede aumenta em 1989 Tim Berners-Lee do Conselho Europeu para a Pesquisa Nuclear (CERN - Centro Europeu de Pesquisas Nucleares) cria a conhecida WWW (World Wide Web) interligando, inicialmente, as instituições de pesquisa. A rede tomou um vulto tal que em 1993 o CERN abriu mão do direito de propriedade dos códigos do projeto de um sistema de hipertexto global (CARVALHO, 2006).

No Brasil, em 1988 as universidades brasileiras foram ligadas às americanas e, no final desse ano, surge o serviço brasileiro de internet não-governamental o AlterNex. O primeiro *backbone*<sup>24</sup> brasileiro, infra-estrutura que conecta todos os pontos de uma rede, foi inaugurado em 1991. Finalmente, em

---

<sup>24</sup> O Backbone é a espinha dorsal da rede que é formada por poderosos computadores conectados por linhas que dão vazão a grandes fluxos de dados.

2000, com o objetivo de interligar todo o país em uma rede de alta tecnologia começa a funcionar o *backbone* RNP2 conectando todos os estados brasileiros, interligando as instituições de ensino superior e de pesquisa no país e, depois disso, a internet acaba virando popular (CARVALHO, 2006).

O sucesso da internet na contemporaneidade entre todas as classes sociais e faixas de idade é inegável. Essa ferramenta revolucionou o mundo da pesquisa ao possibilitar, de forma rápida, o acesso de milhares de informações num piscar de olhos, ou melhor, num “clique de mouse”. A utilização do computador em rede pode incluir a exploração de simulações, multimídia e realidade virtual. Ou seja, todas as ferramentas descritas anteriormente, como as simulações, hipermídia e realidades virtuais, podem ser exploradas na rede mundial - internet.

Fiolhais e Trindade (2003) defendem o uso da internet como instrumento de ensino e afirmam que seu emprego pode tornar a aprendizagem mais interativa e pessoal. O professor, ao auxiliar seus alunos em pesquisas na internet, passa a ter um papel não tão central no processo de ensino-aprendizagem, sem deixar de ser tão relevante quanto antes. Particularmente, deve ser notado o acréscimo do raio de ação do professor permitido pela internet (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). O Professor não apenas trabalha o conteúdo, mas orienta os alunos na pesquisa de páginas que trazem o conteúdo estudado, como também tira dúvidas. Para Viana (2004),

(...) a internet constitui uma forma alternativa de informação, devendo ser analisados, pela educação, a qualidade das informações e das interações, os conhecimentos oferecidos. O papel do educador é exatamente incentivar, encorajar os estudantes a reconhecer as diferentes qualidades interativas que a internet oferece (p. 14).

Já para Moran (1998), a internet,

(,,,) é uma tecnologia que facilita a motivação dos alunos, pela novidade e pelas possibilidades inesgotáveis de pesquisa que oferece. Essa motivação aumenta se o professor a faz em um clima de confiança, de abertura, de cordialidade com os alunos. Mais que a tecnologia, o que facilita o processo de ensino-aprendizagem é a capacidade de comunicação autêntica do professor, de estabelecer relações de confiança com os seus alunos, pelo equilíbrio, competência e simpatia com que atua. O aluno desenvolve a aprendizagem cooperativa, a pesquisa em grupo, a troca de resultados. A interação bem sucedida aumenta a aprendizagem. Em alguns casos, há uma competição excessiva, monopólio de

determinados alunos sobre o grupo. Mas, no conjunto, a cooperação prevalece (...). A possibilidade de divulgar páginas pessoais e grupais na internet gera uma grande motivação, visibilidade e responsabilidade para professores e alunos (p.48).

Diante dessas defesas, a internet aparece como uma ferramenta de inegável valia para o processo de ensino-aprendizagem e para a formação de uma maneira geral. No Ensino da Física, vários são os trabalhos que confirmam a internet como sendo uma das ferramentas de maior potencial de uso para a aprendizagem (VIANNA; ARAÚJO, 2004; SCAPIN et al., 1999; FILHO et al., 2007; SOUZA et al., 2005; WERLANG, 2007).

Conclui-se que o uso da internet no Ensino da Física, principalmente por meio de uma ferramenta hipermodal<sup>25</sup>, pode propiciar ao aluno uma aprendizagem motivadora e significativa, contribuindo para o estabelecimento de coerência entre os conceitos de forma rápida e efetiva.

## **2.7. – O Computador e o Processo Ensino-Aprendizagem**

O balanço da utilização do computador no ensino revela-se inegavelmente positivo. O computador é na contemporaneidade um instrumento imprescindível como ferramenta de ensino-aprendizagem para um ensino ativo, baseado na apropriação progressiva do conhecimento pelo aluno e para sua maior autonomia de aprendizagem. O computador leva também a novas questões e ressuscita ainda algumas antigas, relança a discussão em torno de assuntos cruciais como as relações professor-aluno, aluno-aluno e o desenvolvimento das capacidades do professor e do aluno (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

No Ensino da Física, como foi discutido, o computador aparece como uma ferramenta de grande potencial. No entanto, reiteramos nosso crédito no potencial do computador no Ensino da Física, com a devida cautela em sua utilização. Melhores resultados acontecem quando o computador for utilizado como uma das ferramentas de ensino-aprendizagem, aliada a outras, tais como o livro texto, experiências práticas, debates, aula expositiva, etc. O uso de

---

<sup>25</sup> Hipermodal significa ter diferentes modos de linguagem como texto verbal, som e imagem.

diversas ferramentas pedagógicas propicia a diversificação dos métodos, aumentando às possibilidades de tornar mais claro o conteúdo.

Diante dos modos de utilização do computador no ensino, em especial no Ensino da Física, acreditamos no potencial da ferramenta de multimídia, por oferecer ao educando a oportunidade de processar as informações conjugando vários tipos de mídia.

### Capítulo 3 - O Hipertexto

Cláudia Augusto Dias, em seu artigo, “Hipertexto evolução histórica e efeitos sociais”, apresenta os avanços tecnológicos que propiciaram a origem do hipertexto e suas implicações sociais. O trabalho discute a evolução da escrita desde o papiro até roda de leitura de Agostino Ramelli e aponta que, por volta de 3000 a.C. na Mesopotâmia, começaram a surgir formas de escrita utilizando ideogramas e fonemas. Nesse mesmo período, no Egito, eram usados papiros e tintas rudimentares para a representação de signos na comunicação escrita.



**Ilustração 1 - Roda de Leitura de Agostinho Ramelli<sup>26</sup>**

Em diversas regiões agrícolas, durante a Antiguidade, o uso da escrita tinha relação com a contabilidade e o inventário dos templos. Com o surgimento dos primeiros Estados, a escrita servia para a gestão dos grandes domínios agrícolas e para a organização da lavoura e dos impostos. Afirma-se ainda que, ao longo dos séculos seguintes, surgiram o alfabeto norte-semítico (Ásia Ocidental, 1700-1500 a.C.), as escritas cuneiformes (Síria, 1400 a.C.) e aramaicas (Oriente - próximo, 1000 a.C.) e o alfabeto grego (Grécia, 1000-900

---

<sup>26</sup> Fonte: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_pdf&pid=S0100-19651999000300004&lng=en&nrm=iso&tng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0100-19651999000300004&lng=en&nrm=iso&tng=pt)

a.C.). As inscrições ainda eram feitas sobre cerâmica e outros materiais, como cera, argila, pele de animais e papiros.

No século III a.C. foi criada a Biblioteca do Museu de Alexandria, com a ambição de reunir, em um só local, todo conhecimento do mundo. Surgiram o pergaminho e o livro, o primeiro como uma opção de suporte, e o segundo, como uma reunião de vários pergaminhos ou papiros (DIAS, 1999).

Dias (1999), estima que no século IX d.C. começaram a ser escritos os contos árabes *Lês Mille et Une Nuits*, reunidos e traduzidos para a cultura ocidental por Antoine Galland no século XVII. Essa obra compõe-se de 12 volumes e apresenta um encadeamento contínuo de histórias, isto é, uma história contém outra história, que por sua vez contém outra e assim por diante. Pode-se dizer que foi uma das primeiras obras a utilizar, de forma consistente, “*links*” em um mesmo documento. Em outras palavras, temos aqui um passo importante para o nascimento do hipertexto.

A introdução do papel, por volta do século XII, difundiu-se na Europa entre os séculos XII e XV (DIAS, 1999). Em meados do século XV, Gutenberg inventou a imprensa e a tipografia. A Bíblia de Gutenberg é considerada, segundo Dias (1999), como sendo a primeira publicação impressa e a autora considera este fato como a transição da era dos manuscritos para a era do papel impresso.

A comunicação escrita e o modo de transmissão dos textos sofreram mudanças com a imprensa. A quantidade de livros e cópias produzidos aumentou significativamente, e o leitor passou a ter maior acesso a teorias e conhecimentos, antes restritos aos mestres encarregados de interpretar os manuscritos e repassar seu conteúdo aos discípulos (DIAS, 1999, p.270).

A leitura e a interpretação adquiriram um caráter mais individualizado, e as obras começaram a incluir representações gráficas mais precisas, tais como tabelas, desenhos, mapas etc. (DIAS, 1999).

Para Dias (1999) o livro moderno passou a apresentar uma interface padronizada entre o conteúdo da obra e o leitor, com a incorporação de inventos anteriores a tipografia e o aparecimento evolutivo de vários elementos conhecidos na atualidade como paginação, sumários, citações, capítulos,

títulos, resumos, erratas, esquemas, diagramas, índices, palavras-chave, bibliografias, glossários, etc. Com esses elementos foi oferecida ao leitor a possibilidade de avaliar o conteúdo da obra de forma rápida e acessar partes do livro em acordo com o seu interesse, de modo seletivo e não-linear. Essa nova forma de interação com o conteúdo é apontada pela autora (DIAS, 1999), como sendo uma tendência a não-linearidade.

Segundo Dias (1999), os primórdios do hipertexto podem ser associados a Agostino Ramelli, com sua “roda de leitura” (veja ilustração 1, p.83). A proposta, da roda de leitura de Ramelli, era permitir a consulta simultânea de vários livros. A roda de leitura foi descrita na obra *Lé diverse et artificiose machine del Capitano Agostino Ramelli*:

Esta é uma máquina bonita e engenhosa, muito útil e conveniente para qualquer pessoa que tenha prazer em estudar... Com esta máquina um homem pode ver e percorrer através de um grande número de livros sem sair do lugar. Esta roda é feita de maneira mostrada, isto é, é construída de tal forma que, quando os livros estão em seus leitores, nunca caem ou saem do local em que se encontram, mesmo que a roda gire uma volta completa (DIAS, 1999, p. 271)

Já no século XVIII, Dias (1999) aponta os modos de organização da informação em bibliotecas como aspectos importantes no que diz respeito à evolução técnica. Uma das formas usava fichas catalográficas, classificadas em ordem alfabética (formadas a partir de títulos e sumários dos livros), enquanto que a outra utilizava índices gerais em árvore (formados a partir de árvores do conhecimento). Ambos tinham como objetivo facilitar o acesso e a busca de informações. Essa biblioteca moderna muito se assemelhava às bibliotecas atuais, mas chama atenção o fato das linguagens documentárias mais comuns, só aparecerem no final do século XIX e no início do século XX, respectivamente (DIAS, 1999).

Cláudia Augusto Dias (1999), em seu artigo, também apresenta os avanços tecnológicos do processo de escrita na era da eletricidade, algo muito importante para essa dissertação.



Em 1837, o alfabeto foi digitalizado em código Morse. Nos anos subsequentes, ainda no século XIX, foram inventados o daguerreótipo<sup>27</sup>, o telégrafo, a máquina de escrever, o fonógrafo, o telefone e o rádio. Em 1890, nasce a mecanografia, com o cartão perfurado de Hermann Hollerith (DIAS, 1999).

No início do século XX, surgiram outros dispositivos relacionados, de alguma maneira, com a comunicação como o cinema falado, a caneta esferográfica, a fotocopiadora e os primeiros computadores (DIAS, 1999). Dias (1999) aponta que, com essas evoluções, apareceram também novos suportes fotossensíveis (filme, microfilme, fotografia e microficha), mecânicos (disco de vinil) e magnéticos (filme polímero recoberto por óxido de ferro ou cromo).

Em 1945 o cientista americano Vannevar Bush, em um célebre artigo intitulado “As We May Think”<sup>28</sup>?, divulga o Memex (Memory Extension). Bush (apud DIAS, 1999) parte da idéia que a soma dos conhecimentos, aumentando em um ritmo prodigioso, não encontrava contrapartida em relação à evolução dos meios de armazenamento e acesso aos dados. Observando o funcionamento da mente humana, que opera sempre por meio de associações, Bush imaginou e descreveu, de maneira detalhada, uma máquina capaz de estocar “montanhas” de informações, que seriam fácil e rapidamente alcançáveis. Esse engenho, concebido para suprir as “falhas da memória humana” através de recursos mecânicos, é considerado o precursor do hipertexto. Muitas pessoas na época perguntaram a Bush sobre o nome dado ao artigo “As We May Think”. Ele respondeu que a maior parte dos sistemas de indexação, e de organização de informações, em uso na comunidade científica eram como artificiais; cada elemento considerado apenas sob um único sinal, sob uma classificação meramente hierárquica (classes, subclasses, etc.) (UNICAMP, s/n).

Para Bush, a mente humana não funciona dessa forma, mais sim através de associações. Ela pula de uma representação para outra ao longo de uma rede intrincada, desenha trilhas que se bifurcam, tece

---

<sup>27</sup> Espécie de máquina fotográfica que produzia a imagem pelo processo positivo.

<sup>28</sup> Como provavelmente pensamos.

uma trama infinitamente mais complicada do que banco de dados de hoje ou os sistemas de informação de fichas perfuradas existentes em 1945 (UNICAMP, s/n).

Na época, a forma de recuperação (praticamente única) da informação era baseada em sistemas manuais de indexação a partir de palavras-chave (UNICAMP, s/n). Um mecanismo que registrasse associações tornaria mais fácil a recuperação de informações já consultadas no passado, não mais com a ajuda de índices, mas através de associações estabelecidas na ocasião, pois um estudo, relacionado com qualquer tema, envolve a consulta a numerosas fontes e a pessoa que realiza esse estudo estabelece, naturalmente, associações entre fragmentos das obras consultadas (BUSH apud UNICAMP, s/n). O registro das mesmas associações permitiria uma rápida recuperação das informações, quando necessário, meses ou anos depois (UNICAMP, s/n).

Uma coleção de associações entre fragmentos de diversas obras, eventualmente, complementados por comentários pessoais resultantes de reflexões sobre determinados temas representa um novo documento (meta-documento) para uso particular (UNICAMP, s/n). Meta-documentos poderiam se adicionar como componentes, a meta-documentos com temas mais amplos. O Memex, desta forma, daria suporte à meta-documentos de forma hierarquizada (FIGUEIREDO, 1999).

Levando isso em conta, seria preciso criar um imenso reservatório multimídia de documentos, abrangendo ao mesmo tempo imagens, sons e textos (UNICAMP, s/n). Certos dispositivos periféricos facilitariam a integração rápida de novas informações, outros permitiriam transformar automaticamente a palavra em texto escrito (UNICAMP, s/n). A segunda condição a ser preenchida seria a miniaturização desta massa de documentos, ou seja, seria necessário armazenar essa grande massa de documentos num lugar que não ocupasse um grande espaço físico. Para tanto, Bush previa em particular a utilização do microfilme e da fita magnética, que acabavam de ser descobertas naquela época (UNICAMP, s/n).

Tudo isso deveria caber em um ou dois metros cúbicos, o equivalente ao volume de um móvel de escritório. O acesso às informações seria feito através de uma tela de televisão munida de alto-falantes. Além dos acessos clássicos por indexação, um comando permitiria ao feliz proprietário do Memex criar ligações independentes de qualquer

classificação hierárquica entre uma dada informação e outra (UNICAMP, s/n).

Uma vez estabelecida à conexão, cada vez que determinado item fosse visualizado, todos os outros a ele ligados poderiam ser instantaneamente recuperados, através de um simples toque em botões e alavancas (LÉVY, 1993).

Para Landow (1995), a concepção do Memex nos leva a duas observações importantes:

(...) em primeiro lugar, ao verificar a necessidade e a possibilidade do leitor de fazer anotações relativas ao texto, durante o processo de leitura, em que afloram pensamentos transitórios e reações pessoais aos dados colhidos, Bush como que redefine o conceito de leitura como um processo dinâmico e ativo que implica a escritura. Em segundo lugar, a referência ao leitor ativo, que pode elaborar observações a determinado texto, como se estivesse diante de uma página física, atesta a concepção de um texto, de qualquer forma, menos físico e mais virtual. Assim, utilizando as limitações de uma forma de texto, Bush concebeu uma nova tecnologia e através dela, nos leva a uma nova concepção do próprio texto (p. 28).

O usuário do Memex é retratado por Bush traçando trilhas transversais e pessoais no imenso e emaranhado continente do saber (UNICAMP, s/n). Estas ligações, ainda não chamadas hipertextuais, concretizam no Memex uma idéia de memória auxiliar do cientista, uma parte essencial do próprio processo de pesquisa e elaboração de novos conhecimentos (UNICAMP, s/n). Bush chegou mesmo a imaginar uma nova profissão, uma espécie de engenharia civil, cuja missão seria a de ordenar redes de comunicação no centro do corpus imenso e crescente dos sons, imagens e textos gravados (LÉVY, 1993).

Bush desejava substituir os métodos puramente lineares co-responsáveis pelo triunfo do capitalismo e da industrialização por algo que, em essência, são máquinas poéticas, máquinas capturadoras do brilho anárquico da imaginação humana, como se considerasse que a ciência e a poesia operam da mesma maneira (LANDOW, 1995).

Em 1946 surge o primeiro computador eletrônico o ENIAC (*Electronic Numeric Integrator and Calculator*), pesava 4 toneladas, tinha 30 metros de comprimento e dependia de cabos telefônicos para o seu funcionamento. A seguir, na década de 1950, foram inventados o rádio a transistor e o circuito

integrado. No início dos anos 1960, vieram as fitas magnéticas, inventadas em 1956, que começaram a ser usadas nos computadores. Também nesse período é concebido o satélite de telecomunicações.

Em 1963, Douglas Engelbart escreveu o artigo “*A conceptual framework*”, no qual afirma que o computador poderia aumentar o pensamento humano (DIAS, 1999). Engelbart foi diretor do *Augmentation Research Center* (ARC) do *Stanford Research Institute*. Nesse centro de pesquisa foram testados pela primeira vez, segundo Lévy (1993), a tela com múltiplas janelas de trabalho, pois possibilitava a manipulação, com a ajuda do mouse, de complexos informacionais representados na tela por um símbolo gráfico; as conexões associativas (hipertextuais) em bancos de dados ou entre documentos escritos por autores diferentes e os grafos dinâmicos para representar estruturas conceituais (o “processamento de idéias”, os sistemas de ajuda ao usuário, integrados ao programa).

Em 1965, Engelbart inventa o mouse e, no seu projeto Xanadú, Theodore Nelson criou o termo “hipertexto”, cuja proposta era implementar uma rede de publicações eletrônica, instantânea e universal – um verdadeiro sistema de hipertexto, um universo documental (DIAS, 1999). O termo hipertexto, no conceito de Nelson, estaria relacionado à idéia de leitura/escrita não-linear em sistemas informatizados.

A informática no final da década de sessenta era utilizada apenas por grandes corporações, instituições governamentais ou centros de pesquisa, servindo basicamente para cálculos de maior complexidade, processamento de grandes volumes de dados ou atividades de pesquisa científica (DIAS, 1999). Nesse período, a Brown University, liderada por Andries Van Dam, desenvolveu pesquisas sobre sistemas hipertexto, estações de trabalho, processamento de textos, computação gráfica e desenvolvimento de software (DIAS, 1999).

No final da década de sessenta a IBM desenvolve a ruptura dos software/hardwares (anteriormente às máquinas e os programas só podiam ser

comprados juntos). A preocupação, desde as linguagens das máquinas até as linguagens de alto nível, passa a ser com a interatividade (DIAS, 1999).

Na década de setenta a IBM inventa o disquete (como substituto da fita magnética), que se torna um dos suportes mais difundidos na microinformática. Com a comercialização do chip eletrônico, a informática tomou outro rumo e se expandiu na indústria, com a automação industrial e a robótica, e no setor de serviços, com a automação bancária (DIAS, 1999).

A pesquisa sobre hipertextos iniciou-se, em 1972, na *Carnegie Mellon University*, com o desenvolvimento de um sistema de hipertexto distribuído (ZOG, mais tarde chamado de KMS – *Knowledge Management System*), em que não havia uma separação rígida entre autores e leitores, de forma que as alterações feitas por cada usuário eram lidas por todos os outros (DIAS, 1999).

O final da década de setenta é marcado pelo lançamento, por parte da Apple e IBM, dos computadores pessoais (PC – *Personal Computer*). A informática deixa de ficar restrita aos centros de processamento e chega aos escritórios. Surge o primeiro videodisco hipermedia *Aspen Movie Map*, desenvolvido por Andy Lippman do MIT *Architecture Machine Group*, e o software de processamento de textos *Wordstar* (DIAS, 1999).

Grande foi o desenvolvimento da informática na década de 1980, como aponta Dias (1999). Aparecem o videotexto, a rede francesa Minitel, a fibra ótica, a primeira tela sensível a toque, o processador de texto do Macintosh da *Apple*, com *Wysiwyg*, as memórias óticas, os scanners, videodiscos, CD-ROM, TCP/IP (*Transport Control Protocol/Internet Protocol* – protocolo de comunicação) e a internet. Esses avanços e outros, como o aumento da capacidade de armazenamento, do processamento de dados dos computadores e do surgimento de interfaces gráficas mais trabalhadas (com menus, janelas e ícones acionados por um *click* do mouse), permitiram que a informática passasse a fazer parte do cotidiano das pessoas comuns e os sistemas hipertexto se tornassem comercialmente viáveis. Dias (1999) chama atenção para os vários projetos de hipertexto desenvolvidos nessa década, tais como:

1. Guide – University of Canterbury – desenvolvido por Peter Brown, foi o primeiro sistema hipertexto para computadores pessoais.
2. TIES (The Interactive Encyclopedia System, posteriormente chamado Hyperties) – University of Maryland – desenvolvido por Ben Shneiderman e usado em inúmeras aplicações, tais como exposições de museus, arqueologia, fotografia, manuais on-line etc.
3. KMS (sucessor do ZOG) – comercializado pelo Knowledge Systems, Inc. para estações de trabalho Sun e Apollo;
4. Notecards – Xerox Palo Alto Research Center – desenvolvido por Frank Halasz, Randy Trigg e Tom Moran, para suportar tarefas de leitura, categorização, interpretação e escrita de material técnico;
5. Intermédia – Brown University – sistema para documentos multimídia desenvolvido pelo Intitute for Research and Scholarship (Íris). Nesse sistema, os links pertenciam a webs (redes), de tal forma que, para visualizar um documento, o usuário deveria selecionar uma web específica. Os links eram, assim, dependentes do contexto;
6. - WE (Writing Environment) – University of North Carolina – projeto baseado em modelo de processos cognitivos envolvidos na autoria de textos, cujo objetivo era suportar todas as fases do processo de escrita de textos (conteúdo e estrutura);
7. - Hypercard – Apple Computer – desenvolvido por Bill Atkinson, para computadores Macintosh.

A primeira tese de PhD sobre hipertexto foi defendida em 1983, por Randall Trigg, na University of Maryland. Em 1987, na Carolina do Norte, aconteceu o primeiro grande Workshop sobre hipertexto – Hypertext'87.

A década de 1990 é marcada pelo desenvolvimento da linguagem HTML<sup>29</sup> e do protocolo de comunicação http<sup>30</sup>, os quais possibilitaram a

---

<sup>29</sup> HTML - acrônimo para a expressão inglesa HyperText Markup Language, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto.

<sup>30</sup> http - é a sigla em língua inglesa de HyperText Transfer Protocol - Protocolo de Transferência de Hipertexto.

produção e a disseminação de documentos de hipertexto pela rede mundial de computadores – a internet (DIAS, 1999). Nessa época os sistemas de hipertextos começaram a ser efetivamente utilizados, principalmente nas áreas de educação, comunicação e organização de dados (DIAS, 1999).

Em 1993, a venda de enciclopédias hipermídia ultrapassou seus equivalentes impressos. Algumas instituições governamentais passaram também a utilizar a internet para busca de informações estruturadas em hipertextos. Nessa época, a baixa velocidade dos meios de telecomunicação e a pouca interatividade das ferramentas disponíveis dificultavam o acesso às informações na Web<sup>31</sup>. Em 1995 o comércio chega à internet – começa a era do comércio eletrônico (DIAS, 1999, p.273).

Os avanços apresentados na área de telecomunicações, nos anos subseqüentes, e o uso de uma interface mais amigável fizeram com que a internet “explodisse” (DIAS, 1999). Dentre outros serviços, a internet passou a oferecer correio eletrônico, transferência de arquivos, listas de distribuição, grupos de usuários e a rede (WWW), com seus serviços de busca de informações e sua infinidade de hipertextos – textos, sons e imagens em uma verdadeira rede de informações (DIAS, 1999). Para Lévy (1999), “as tecnologias digitais surgiram, então, como a infra-estrutura do ciberespaço, novo espaço de comunicação, de sociabilidade, de organização e de transação, mas também novo mercado da informação e de conhecimentos”.

Dias (1999) afirma caber à sociedade examinar as potencialidades das novas tecnologias, acompanhando sua trajetória, identificando seu nicho, visando à aprendizagem, o crescimento e o desenvolvimento humano em sociedade.

Como discutimos, o desenvolvimento do hipertexto esteve durante toda trajetória atrelado à evolução tecnológica. No entanto, o desenvolvimento tecnológico também teve e tem impacto sobre a linguagem. Portanto, na próxima seção será discutido o papel da linguagem nessas novas tecnologias, em especial no hipertexto.

---

<sup>31</sup> Web - Em português, teia. Abreviatura para designar o World-Wide-Web.

### **3.1. Surgimento de novos Gêneros Textuais em ambientes virtuais**

A linguagem é uma faculdade cognitiva com grande poder de adaptação às mudanças comportamentais e, de certa forma, é responsável por algumas das grandes transformações políticas, sociais, e culturais de uma sociedade. As mudanças tecnológicas, principalmente nos últimos 30 anos, levaram a inúmeras modificações nas formas e possibilidades de utilização da linguagem em geral e da língua. Atualmente, no contexto da tecnologia digital, vemos o aparecimento de novos gêneros textuais, completamente diferentes, nos ambientes virtuais. Para Marcuschi (2005), os gêneros emergentes dessa nova tecnologia são relativamente variados, mas a maioria deles tem similares em outros ambientes, tanto na oralidade como na escrita. Marcuschi (2005) afirma ainda que, na atual sociedade da informação, a internet aparece como uma espécie de protótipo de novas formas de comportamento comunicativo.

As novas tecnologias influenciaram e ainda influenciam a natureza dos recursos lingüísticos utilizados pela sociedade. O fato de reunirem várias formas de expressão, tais como texto, som e imagem, deu-lhes maleabilidade para a incorporação simultânea de várias semioses<sup>32</sup> (MARCUSCHI, 2005). Com isso, a velocidade da transmissão da informação e sua possível flexibilização lingüística aceleraram sua penetração entre as outras práticas sociais. Para Marcuschi (2005), três são os aspectos que tornam relevantes a análise desses gêneros emergentes:

1. Seu franco desenvolvimento e um uso cada vez mais generalizado;
2. Suas peculiaridades formais e funcionais, não obstante terem contrapartes em gêneros prévios; e
3. A possibilidade de rever conceitos tradicionais, permitindo repensar nossa relação com a oralidade e a escrita.

Segundo Yates (2000), com as novas tecnologias digitais, vem se dando uma espécie de radicalização do uso da escrita e nossa sociedade, parece se

---

<sup>32</sup> Semiose é o termo cunhado por Charles Sanders Peirce para a produção de significados.



tornar textualizada, isto é, passar para o plano da escrita. Se olharmos o papel designado à tecnologia digital na sociedade contemporânea, torna-se relevante pensar em suas conseqüências numa perspectiva menos tecnicista e mais sócio-histórica (MARCUSCHI, 2005). Marcuschi (2005) aponta, que se tomarmos o gênero como texto situado historicamente e socialmente, culturalmente sensível, recorrente, relativamente estável do ponto de vista estilístico e de composição, segundo a visão Bakhtiniana, servindo como instrumento, comunicativo com propósitos específicos e como forma de ação social é fácil perceber que um novo meio tecnológico, na medida em que interfere nessas condições, deve também interferir na natureza do gênero produzido. Gêneros textuais são frutos de complexas relações entre um meio, um uso e a linguagem (MARCUSCHI, 2005).

Tomando como base a ação dos processadores de texto, Halliday (apud MARCUSCHI, 2001<sup>33</sup>, p.100) afirma que em breve o tempo em que “a distância entre a fala e a escrita terá sido largamente eliminada”. Sendo o ambiente escolar um local de formação, nada mais sensato do que a busca da inserção das novas tecnologias na escola. A escola não pode ficar à margem das inovações tecnológicas sob pena de não estar situada na nova realidade dos usos lingüísticos (MARCUSCHI, 2005). Inúmeros são os gêneros digitais que se originam dessa nova inserção de recursos tecnológicos nas sociedades, tais como e-mail, *blog* e *chat*.

A produção de qualquer texto, em qualquer língua, seja oral ou escrito, em certo contexto e momento histórico é um gênero textual. Assim, uma carta pessoal, uma entrevista, um artigo de opinião, uma aula, etc. são gêneros textuais. Os gêneros textuais são de outra forma, o conjunto de eventos de comunicação interativa. Muitos consideram o hipertexto como um tipo gênero textual, mas, para Marcuschi (2005), ele é apenas um modo de produção textual que pode estender-se a todos os gêneros, dando-lhes, nesse caso, algumas propriedades específicas.

---

<sup>33</sup> [http://rle.ucpel.tche.br/php/edicoes/v4n1/f\\_marcuschi.pdf](http://rle.ucpel.tche.br/php/edicoes/v4n1/f_marcuschi.pdf)

Com o desenvolvimento da ciência e tecnologia, novos gêneros textuais têm surgido, ou seja, novas espécies de textos vinculados ao aparecimento de novos tipos de meios de comunicação que, por consequência, levam a novas motivações sociais gerando os novos gêneros textuais. Alguns aspectos da textualização mudaram com o surgimento das novas tecnologias de escrita, como por exemplo, o hipertexto (MARCUSCHI, 2005). Porém, segundo Marcuschi (2005), novas tecnologias em geral não atingem as bases da textualização. O autor aponta o gênero textual como resultado do trabalho coletivo. Para ele (BAKHTIN apud MARCUSCHI, 2005), são as práticas da comunicação que fazem surgir os gêneros de discurso, que, ordenam e estabilizam a comunicação entre os indivíduos.

O hipertexto é a seleção de sentidos, a ligação entre diferentes áreas. Assim, a noção de hipertexto é o externar a atividade mental da leitura – é o que nossa mente faz quando lemos. Soares (1997), afirma que na hipertextualização, o interlocutor tem a oportunidade de ampliar as ocasiões de produção de sentido e enriquecer sua leitura. O hipertexto tem a capacidade de retomar e transformar antigas interfaces da escrita (SOARES, 1997). O caso de um texto digitalizado permite tipos novos de leitura: textos se conectam a outros por meio de ligações hipertextuais, possibilitando o exame rápido de conteúdo, acesso não linear e seletivo do texto, segmentação do saber em módulos, conexões múltiplas, processo bem diferente da leitura em papel impresso. Apesar de o hipertexto ser uma espécie de exteriorização da atividade mental, nele se tem uma interatividade dinâmica bem diferente de um texto de livro, jornal ou de revista reais (em papel).

O hipertexto é algo inovador, como defende Koch (apud MARCUSCHI, 2005), porém, a novidade se instala na tecnologia que proporciona a integração de elementos (notas, citações, referências etc.) que aparecem no texto impresso, havendo a “linearização” do “deslinearizado” e a “deslinearização” do “linearizado”, ou seja, “[...] subvertendo os movimentos e redefinindo as funções dos constituintes textuais clássicos”. Na visão do autor (MARCUSCHI, 2005), trata-se de um processo, realizado num novo espaço – o ciberespaço, de leitura/escrita “multilinearizado”, “multisequencial” e não determinado.

Para Braga (2005), embora as novas tecnologias tenham um impacto nas formas como entendemos o mundo, elas isoladamente nŁo sŁo responsŁveis por isso, pois as tecnologias interagem com fatores sociais, econŁmicos e polŁticos, determinando novas formas de prŁticas.

Quando nos deparamos com os modos de manifestar-se por escrito (ou oralmente) no meio digital, apresenta-se a nossa frente uma gama ampla de gŁneros textuais. O uso do computador, como ferramenta mediadora da comunicaŁŁo, leva-nos a considerar textos que contemplam tanto a “interatividade tecnolŁgica”, na qual prevalece o diŁlogo, a comunicaŁŁo e a troca de mensagens, quanto Ł “interatividade situacional”, definida pela possibilidade de agir, interferir no programa e/ou no conteŁdo (SILVA, 2000).

O hipertexto Ł mais do que uma nova forma de organizar a informaŁŁo existente, ele influencia os tipos de informaŁŁo que organiza. Ł medida que o sistema de um hipertexto cresce e evolui, a estrutura da informaŁŁo em si se altera. Qualquer pessoa que tenha planejado uma base de dados complexa sabe quŁo significativa podem ser as decisŁes de organizar e representar certo conteŁdo como relacionado a alguns e nŁo a outros possŁveis de conexŁo. (BURBULES; CALLISTER, 2000).

A organizaŁŁo de textos por meio hipertextual permite ao leitor uma flexibilidade de interaŁŁo, ou seja, a leitura perde muito de seu carŁter linear, o texto em forma escrita, Ł disponibilizado ao leitor de forma vertical e horizontal. AlŁm disso, o meio visual oferece uma sŁrie de recursos de saliŁncia – tŁtulos, parŁgrafos, tipo de letra, paginaŁŁo, entre outros - permitindo ao leitor acessar o texto de forma geral. A multiplicidade de sentidos permitida pela estrutura hipertextual Ł ainda mais evidente nos ambientes de hiperfídia, nos quais a hipertextualidade Ł agregada a multimodalidade<sup>34</sup>, ou seja, ao texto se aglutinam novas ferramentas, tais como o som e a imagem .

Para Marcuschi (2005), o texto hipermodal, ao relacionar dentro de uma estrutura hipertextual unidades de informaŁŁo de natureza diversa (texto verbal, som, imagem), gera uma nova realidade comunicativa que ultrapassa as possibilidades interpretativas dos gŁneros multimodais tradicionais. No

---

<sup>34</sup> Multimodalidade - uso de mais de um modo de representaŁŁo num gŁnero discursivo.

entanto, no texto hipermodal o conjunto de convenções, como justaposição nas páginas, quadros destacados em cores diferentes, relações graficamente indicadas, legendas, textos explicativos, manchetes, e outras, utilizado na produção do sentido nos textos impressos, é ampliado e resignificado. Segundo Marcuschi (2005), cada modalidade expressiva integra um conjunto diferenciado de significados possíveis. As representações verbais e visuais co-evoluíram historicamente e culturalmente para completarem-se mutuamente e para serem coordenadas e integradas (MARCUSCHI, 2005).

Estudos na área têm enfatizado que a interação com hipertexto demanda a participação ativa do leitor (XAVIER, 2005; SNYDER, 1997; LANDOW, 1995). De fato, a leitura de hipertextos, é interativa, pois além das escolhas de caminhos, exige a participação do leitor na construção da coesão e da coerência geral entre os diferentes segmentos textuais acessados pelo leitor. Esse envolvimento com o texto, de certa forma, assemelha-se àquele existente na leitura dos textos impressos, em que a construção do sentido também depende da participação ativa do leitor. A diferença colocada na leitura do hipertexto é que a quebra da linearidade textual inviabiliza a inserção de certas marcas coesivas e a coerência textual deixa de ser orientada pela apresentação seqüencial de argumentos. O texto não sendo mais apresentado como um todo com começo, meio e fim, exige ao usuário, durante sua leitura, a exploração do conjunto de opções disponibilizadas pelos *links* e construção de uma conexão coerente entre elas.

Esse conjunto de características tem levado autores como Silva (2000) a caracterizar a aprendizagem da modalidade interativa como sendo: (a) intuitiva (conta com o inesperado, o acaso, as junções não lineares, o ilógico); (b) multisensorial (dinamiza interações de múltiplas habilidades sensorais); (c) conexional (justapõe informações através de algum tipo de analogia, perfazendo roteiros não previstos, colagens, mantendo permanentemente abertura para novas significações e para redes de relações); (d) acentrada (permite que coexistam múltiplos centros); e (e) diferencia em termos de procedimento de acesso (é ancorada na navegação, experimentação, simulação, participação e co-autoria).

Para melhor entendimento da composição hipertextual, torna-se necessário definirmos algumas de suas características ou princípios abstratos.

### **3.2. Características Básicas do Hipertexto**

A rede hipertextual está em permanente elaboração e renegociação. Ela pode permanecer estável durante certo tempo, mas esta estabilidade é, em si mesma fruto de um trabalho. Sua extensão, sua composição e seu desenho estão permanentemente em jogo para os atores envolvidos, sejam humanos, palavras, imagens, traços de imagens ou de contexto, objetos técnicos, componentes destes objetos, etc. (LÉVY, 1993). Ou seja, o hipertexto é dinâmico, o autor (LÉVY, 1993) aponta a metamorfose como seu primeiro princípio.

Compactuando com Lévy, Snyder (1997) concorda com a existência do princípio da metamorfose no hipertexto. Para Snyder (1997) o hipertexto permite (aos leitores) fazer suas próprias conexões, incorporar seus próprios *links* e produzir seus próprios significados. Para a autora (SNYDER, 1997) o hipertexto é, de fato, representação transitória e temporária dos códigos digitais armazenados na memória do computador. Por isso, os textos na tela são virtuais no sentido de serem percebidos (compreendidos) diferentes do que eles realmente são (SNYDER, 1997). Uma característica marcante do texto virtual, apontada por Snyder (1997), é o fato de ele ser abstrato, sendo um simulacro no qual não existe instância física. O texto encontrado no computador existe em uma versão transitória criada pelos escritores; uma versão primária eletrônica dele reside na memória do computador (SNYDER, 1997).

Estimular o pensamento telegráfico, modular, não linear, maleável e cooperativo do leito, é algo propiciado pelo hipertexto (SNYDER, 1997). Conseqüentemente, Snyder (1997) acredita que o hipertexto estimula outra forma de conhecimento, estando mais próximo da forma como nós organizamos nossos pensamentos.

O hipertexto é um discurso eletrônico mais dinâmico e sua concepção é centrada no processo (SNYDER, 1997). Os nós e as conexões de uma rede

hipertextual são heterogêneos. Na memória serão encontradas imagens, sons, palavras, diversas sensações, modelos, etc., e as conexões serão lógicas, afetivas, etc. (LÉVY, 1993). Na comunicação, as mensagens serão multimídias, multimodais, analógicas, digitais, etc. (LÉVY, 1993).

O processo sociotécnico<sup>35</sup> colocará em jogo pessoas, grupos, artefatos, forças naturais de todos os tamanhos com todos os tipos de associações que pudermos imaginar entre estes elementos (LÉVY, 1993). A pessoa ao explorar um hipertexto está servida de múltiplas possibilidades de conexões. Aqui se visualiza o segundo princípio apontado por Lévy (1993) o da heterogeneidade. Santos (1996) também acredita na heterogeneidade hipertextual. Argumenta que a pluralidade do hipertexto permite a abertura de um “diálogo” entre diferentes textos, com a ajuda de outros mecanismos (imagens, sons, citações, etc.) (SANTOS, 1996).

Snyder (1997) afirma que o hipertexto acomoda não somente textos impressos, mas também som digitalizado, gráficos, animação, vídeo e realidade virtual. Para essa autora (SNYDER, 1997), todo sistema de escrita eletrônica fornece elementos visuais não presentes no trabalho impresso. O mais fundamental é o “cursor”, a “linha” ou outro elemento gráfico movido pelo usuário (SNYDER, 1997). O hipertexto se organiza em um modo fractal, ou seja, qualquer nó ou conexão quando analisado pode revelar-se como sendo composto por toda uma rede, e assim por diante, indefinidamente ao longo da escala de graus de precisão (LÉVY, 1993). Ou seja, os caminhos são múltiplos, fazem, porém, parte de uma mesma rede, princípio de multiplicidade e de encaixe das escalas (LÉVY, 1993).

No hipertexto, a partir de um texto fonte, incorporam-se outros textos, ampliando-se, assim, a superfície textual (SANTOS, 1996). Para Snyder (1997) o hipertexto tem sua estrutura composta de blocos de textos conectados por *links* eletrônicos (princípio de multiplicidade e de encaixe das escalas). Com

---

<sup>35</sup> Sociotécnico - refere-se à interdependência dos aspectos técnicos e sociais de uma organização.

isso, Snyder (1997) acredita que o hipertexto simplifica o “*following-up*” (seguir de perto) das referências.

No hipertexto, uma nota (de “rodapé”) pode ser tão longa quanto o trabalho. Ela pode ser outro trabalho, ou estar conectada (“linkada”) a outras notas ou anotações, elas próprias textos completos (SNYDER, 1997). Com isso, o processo de referência pode continuar indefinidamente no computador (SNYDER, 1997). Para a autora (SNYDER, 1997) a experiência do hipertexto não é só não linear, mas multilinear ou multisequencial. Sua estrutura é fluida e apresenta interatividade ao leitor. O hipertexto é essencialmente uma “*network of links*” entre palavras, idéias e fontes que tem também notas das notas, explorando o que na cultura impressa seria descrita como “digressões” tão longas e complexas como o texto principal (SNYDER, 1997).

O hipertexto computadorizado incorpora comentários ao texto de outro escritor, atualizações, revisões, resumos, compilações, interpretações e citações, toda bibliografia referente ao trabalho (SNYDER, 1997). Conseqüentemente, Snyder (1997) acredita que a extensão hipertextual é impossível de ser conhecida.

A rede hipertextual não possui unidade orgânica, nem motor interno (LÉVY, 1993). Seu crescimento e sua diminuição, sua composição e sua recomposição permanente dependem de um exterior indeterminado, de adição de novos elementos, conexões com outras redes, excitação de elementos terminais (captadores), etc. (LÉVY, 1993).

Santos (1996) aponta o princípio de exterioridade como marcante no hipertexto, pois nesta modalidade textual não existe uma seqüência de leitura pré-estabelecida, cabe ao leitor fazer a escolha, ou melhor, a construção de seu percurso textual de leitura. Portanto, a linearidade da produção textual, é quebrada (SNYDER, 1997).

Para Lévy (1993) nos hipertextos, tudo funciona por proximidade, por vizinhança. Neles o cursor dos acontecimentos é uma questão de topologia, de caminhos. Assim, Lévy (1993) define mais um princípio, o da topologia. Não há espaço universal homogêneo onde haja forças de ligação e separação, onde

as mensagens poderiam circular livremente (LÉVY, 1993). Tudo que se desloca deve utilizar-se da rede hipertextual tal como ela se encontra, ou então será obrigado a modificá-la.

Snyder (1997), chamando atenção ao princípio da topologia, acredita no hipertexto com um “*writing space*” (espaço de escrita) que nenhum outro processo de comunicação pode contar. Esse espaço de escrita não é fixo e nem controlado pelo autor (SNYDER, 1997). Esse novo espaço inclui a tela do computador e a memória eletrônica na qual o texto é armazenado. Para Snyder (1997) a característica mais extraordinária do texto eletrônico é não ser diretamente acessível nem ao escritor nem ao leitor. O hipertexto não é numerado, suas margens são fluidas (SNYDER, 1997).

A rede hipertextual não tem centro, ou melhor, possui permanentemente diversos centros que são como pontas luminosas perpetuamente móveis, saltando de um nó a outro, trazendo ao redor de si uma ramificação infinita (LÉVY, 1993). Ao leitor hipertextual cabe fazer seu próprio roteiro, objetivando enriquecer a leitura em construção no momento (SANTOS, 1996). O leitor de um hipertexto dispõe de informações de uma maneira não linear com o computador automatizando o processo de conectar um pedaço de informação a outro (SNYDER, 1997).

O hipertexto não precisa ter começo, nem ordem imutável para o estabelecimento das informações e nem fim. Ele pode oferecer pontos de entrada e oferece muitas trilhas diferentes, é o leitor quem escolhe quando e aonde vai (SNYDER, 1997).

### **3.3. Vantagens e desvantagens do Uso do hipertexto**

Como apresentamos na introdução desse capítulo muitas foram as etapas necessárias para que a escrita chegasse ao patamar atual. Vimos que o desenvolvimento da escrita sempre esteve atrelado à evolução tecnológica e provocando mudanças de cunho social. A evolução dos computadores permitiu a apresentação de textos de múltiplas formas. Na rede mundial de computadores (internet) a forma predominante de apresentação textual é por meio de hipertextos. Quais seriam as vantagens na apresentação de textos na



forma hipertextual quando comparado a textos impressos? Várias são as vantagens apontadas por alguns autores (LEVY, 1993; SANTOS, 1996; SNYDER, 1997):

- o uso do mouse permite a quebra da linearidade na seqüência de digitação de caracteres alfanuméricos;
- o uso de menus facilita ao usuário escolher a operação que deseja realizar;
- a resolução gráfica proporcionada pelos hardwares;
- a instantaneidade quando da necessidade de mudança de nós, facilitando o uso do princípio da navegação;
- a quebra das restrições geográficas na manipulação de arquivos. Ou seja, a pessoa que acessa a internet pode manipular arquivos em hipertextos elaborados a quilômetros de distância de sua casa;
- a economia de espaço físico. Os arquivos podem ser carregados em dispositivos que ocupam pouco espaço (pen-drive, cd);
- redução nos gastos quando comparamos o acesso a textos por meio eletrônico com impressos.
- ludicidade e interatividade proporcionada pelo hipertexto no meio educacional;
- facilidade e agilidade proporcionada nas pesquisas. Uma pesquisa realizada em um hipertexto pode ser bem mais fácil e ágil quando comparada a uma pesquisa em meio impresso;
- quebra da linearidade na leitura;e
- facilidade por parte dos escritores na escolha de fontes e formatos.

Não só de vantagens vive a apresentação de textos na forma hipertextual, muitas também são as desvantagens apontadas pelos autores (LEVY, 1993; SANTOS, 1996; SNYDER, 1997):

- a grande gama de possibilidades de acessos permitidos pelo hipertexto leva o leitor a não se aprofundar na leitura de cada parte, fazendo apenas um sobrevôo textual.
- a não linearidade facilita o leitor em se perder no foco da pesquisa. Logo, a atenção do pesquisador deve ser redobrada;
- o texto eletrônico tem uma grande dependência da tecnologia emergente, sempre sujeita a transformação;
- saber utilizar bem um hipertexto está ligado a saber usar bem o computador.

Diante do exposto vemos que as vantagens no uso do hipertexto são bem maiores que as desvantagens, pensando nisso e nas vantagens apresentadas no capítulo 2, quanto o uso da multimídia no Ensino e especificamente no Ensino da Física, que acreditamos no potencial educacional da ferramenta hipertextual/hipermodal.

Concluimos que é inegável o potencial significativo do computador na educação e em especial no Ensino da Física. Como já havíamos apresentando, decidimos pesquisar qual o impacto do uso de uma ferramenta hipermodal no ensino de tópicos de Física clássica para turmas do 1º ano do nível médio. Destinamos o próximo capítulo para apresentarmos a metodologia utilizada na aplicação do material e quais foram os resultados obtidos.

## Capítulo 4 – O Caminho Metodológico

Nos capítulos anteriores discutimos o problema que nos inquieta – a dificuldade de se promover o aprendizado da Física, em particular da Gravitação Universal. Foram apresentados os resultados preocupantes dos estudantes brasileiros nas avaliações PISA e ENEM e de algumas pesquisas realizadas no ensino superior, rendimentos que apontam para carências dos alunos brasileiros em Ciências – saem da Educação Básica com pouca, ou quase nenhuma capacidade para enfrentar a vida e exercer a cidadania. Uma das discussões mais importantes, feita na fundamentação teórica, correspondeu à abordagem histórica para o Ensino de Ciências, que acaba proporcionando um Ensino de Ciências contextualizado.

Assim, tendo como apoio os trabalhos de Duarte (2006), decidiu-se planejar e construir uma ferramenta hipermodal, de abordagem histórica, que pudesse facilitar a aprendizagem, de alunos do Ensino Médio, da Lei da Gravitação Universal. Uma vez pronta essa ferramenta poderia ser usada em sala de aula por professores do EM e, assim, se teria o produto exigido como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências. No entanto, isso ainda parecia pouco. Queria-se saber se a ferramenta funcionaria, se ela seria eficaz de auxiliar a aprendizagem. Assim, decidiu-se realizar uma pesquisa que pudesse responder à pergunta: Qual o impacto da ferramenta multimídia, desenhada com abordagem histórica, quando usada para ensinar a Lei da Gravitação Universal na 1ª série do EM? Essa é, portanto, a pergunta que passou a me angustiar. Portanto, esse capítulo é dedicado a descrever e justificar o desenho metodológico na busca de uma resposta.

### **4.1. Objetivos da Dissertação**

Os diversos aspectos discutidos nos capítulos anteriores indicaram a possibilidade de se planejar e organizar uma ferramenta multimídia, com abordagem histórica para ensinar a Lei da Gravitação Universal. O primeiro objetivo desse trabalho é, portanto, planejar e organizar uma ferramenta de hipermídia para o ensino da Gravitação Universal. Essa ferramenta, que

apresenta a Física através da história da ciência, foi planejada para auxiliar o professor a despertar o interesse dos alunos. Para isso foi utilizado, como objeto motivador, um tema muito presente em nosso cotidiano: satélites. Assim, os conceitos necessários para o entendimento de como um satélite é colocado em órbita são explicados de maneira diferenciada, fazendo uso da História da Ciência, com o uso de uma hipermídia. Com essa ferramenta acredita-se que os alunos possam compreender os conceitos básicos da Mecânica Newtoniana, em particular da Lei da Gravitação Universal (LGU), conhecendo um pouco a construção histórica desses conceitos ao longo dos tempos por Galileu, Kepler e Newton e outros cientistas que cooperaram para a construção desse conhecimento. Com esse trabalho, propomos, portanto, a utilização da evolução de idéias científicas como instrumento de aprendizagem de conteúdos específicos. Como fazer isso? Usando a hipermídia.

#### **4.2. Questão da pesquisa**

Uma vez pronta a ferramenta de hipermídia, chega-se ao segundo objetivo desse trabalho de realizar uma investigação sobre o impacto dessa ferramenta na sala de aula. Quer-se responder à questão: a ferramenta multimídia, usada em uma sala de aula do 1º ano do EM, pode favorecer a aquisição dos conceitos da LGU? Ao se buscar respostas para essa questão, acabou-se deparando com outras relacionadas, na opinião dos alunos:

1. A ferramenta motiva a aprendizagem da LGU? Por quê?
2. A ferramenta facilita a aquisição dos conceitos necessários para aprendizagem da LGU?
3. Com uma ferramenta de hipermídia, de abordagem histórica, os alunos participam ativamente das aulas?
4. Quais as implicações do uso de uma ferramenta como essa para o processo de ensino-aprendizagem?

Queremos conhecer a opinião dos alunos sobre o aprendizado da Gravitação Universal usando a ferramenta de hipermídia. Portanto, o objetivo, dessa pesquisa é examinar a contribuição da ferramenta multimídia, de

enfoque histórico, para a aquisição de conceitos para compreensão da LGU pelos alunos.

Esta pesquisa, portanto, investiga a utilização da ferramenta em duas turmas de 1º série do Ensino Médio.

### **4.3. Abordagem Qualitativa**

Uma das discussões mais importantes, feita na fundamentação teórica, foi sobre o uso da histórica no Ensino de Ciências que, segundo Matthews (1995), promove a motivação dos alunos para aprender, por contextualizar o conteúdo a ser aprendido. Assim, para esse trabalho decidiu-se explicar a Gravitação Universal, a partir de uma abordagem histórica, com o uso da ferramenta acima descrita, com alunos de 1º série do Ensino Médio e examinar a contribuição dessa ferramenta, de enfoque histórico, para a aquisição de conceitos da LGU pelos alunos. Este capítulo visa explicitar o caminho metodológico para o exame desse impacto.

O nosso objeto de pesquisa é o uso de uma ferramenta de hipermídia, com abordagem histórica para aprendizagem da Lei da Gravitação Universal (LGU). Quando se pensa em fazer pesquisa é conveniente um desenho metodológico adequado ao objeto a ser pesquisado, assim como, também, a escolha de técnicas de coleta de dados ajustadas às questões de pesquisa. É dessas reflexões que brota a pergunta: Que tipo de abordagem metodológica é mais adequada para, ao final, comunicar o conhecimento construído por esse trabalho a outros professores de Física?

Optou-se por uma pesquisa qualitativa para responder à questão de pesquisa desse trabalho. Qualitativa, por quê? Debates sobre o valor de abordagens qualitativas e quantitativas podem ser polêmicos. Para esta pesquisa optou-se por trabalhar com uma abordagem qualitativa, tanto para coletar quanto para analisar os dados. Antes que se instale qualquer debate sobre a validade dessa escolha, esclarece-se que isso não significa que não reconhecemos a validade e força dos métodos quantitativos. No entanto, queria-se o pesquisador e professor, também como instrumento de coleta de dados, desejando que os dados coletados pudessem ser ricos em detalhes e

muito próximos do mundo de seus alunos, ou seja, dos informantes (BOGDEN; BIKLEN, 1992). Deve-se ainda esclarecer que os significados dados por cada um dos alunos, sobre o uso da ferramenta de hiperímia para aprendizagem da LGU são nossas preocupações básicas, dessa forma, a coleta de dados quantitativos não parece adequada.

O foco central dessa pesquisa é investigar se o uso de uma abordagem histórica de uma ferramenta de hiperímia impacta na motivação e conseqüente aprendizagem dos alunos. Para isso foram escolhidas duas turmas de 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada de ensino. Mas por que esta escola? Dois pontos podem ser citados como preponderantes: (1) sou o professor regente de Física da escola; e (2) a escola possui uma ferramenta tecnológica facilitadora da interatividade, uma das características da hiperímia: uma lousa digital interativa - *smart board* - acoplada ao computador.

O *Smart board* possibilita ao professor acessar todas as ferramentas disponíveis no pacote microsoft office e no programa específico do quadro, chamado *software notbook*, além de permitir acesso online à internet.

Assim, a ferramenta hiperímia seria usada em sala de aula, na lousa digital, e os alunos também iriam usar a hiperímia em casa. Cada aluno tinha o seu CD. Outro fator considerado positivo é que os alunos não tinham a necessidade de se deslocarem para o laboratório de informática, pois o quadro interativo ficava na própria sala de aula. O deslocamento dificultaria o trabalho, principalmente no que tange a questão do tempo.

#### **4.4. Técnicas de Coleta de Dados**

A preocupação que se segue à escolha da abordagem e da estratégia metodológica reside na escolha das técnicas de coleta de dados. Há três grandes métodos de coletas de dados:

- Fazer perguntas e ouvir atentamente (entrevistar);
- Observar eventos, prestando atenção no que acontece (observação); e
- Documentos.

Utiliza-se para essa pesquisa, como técnicas de coleta de dados, a análise de documentos produzidos pelos alunos, a observação participante e as entrevistas em grupos focais. Cada uma dessas técnicas é explicada e justificada a seguir.

#### **4.4.1. Observação Participante**

A observação participante leva esse nome porque “se admite que o pesquisador sempre tem um grau de interação com a situação estudada, afetando-a e sendo por ela afetado” (ZIMMERMANN, 1997). Numa observação participante, o pesquisador não só é parte integrante da situação como contribui para que ela aconteça. Como pesquisador e também o professor dessa turma, portanto, sou exatamente integrante e contribuo diretamente para a situação de pesquisa. Portanto, não se tem a intenção de observar um grupo estranho à pessoa do pesquisador. Por isso, opta-se por participar com os alunos na construção, aplicação e avaliação das atividades relacionadas ao uso da ferramenta de hiperímia, ou seja, como pesquisador atua-se também como professor, da mesma maneira como se fazia antes de iniciar a pesquisa. É claro que essa situação apresenta seus prós e contras. De um lado não se enfrenta o problema de não ser aceito por parte dos alunos, de outro existe a dificuldade pessoal em estranhar o familiar, ou seja, é necessário um esforço deliberado de distanciamento da situação investigada para entender o grupo estudado.

A observação participante se deu durante todo o tempo dedicado ao trabalho de campo, ou seja, durante todas as aulas das duas turmas estudadas. Todas as atividades de sala de aula foram documentadas e, algumas aulas, foram vídeo-filmadas. O professor-pesquisador teve o papel de um membro aceito, como professor das duas turmas pesquisadas. Sempre que possível e necessário, foram tomadas notas descritivas de detalhes relevantes da investigação e foram também registrados vários episódios particulares. Portanto, o mais cedo possível, após cada aula observada, as notas e filmes eram revistos.

#### **4.4.2. Análise documental**

Apesar de pouco explorada, a análise documental pode ser uma técnica valiosa para obtenção de dados em uma pesquisa de caráter qualitativo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Qualquer material escrito que possa fornecer informações sobre o comportamento humano é considerado documento. Esse material inclui leis, regulamentos, normas, pareceres, memorandos, arquivos escolares, provas, trabalhos dos alunos, testes, portfólios, etc. Documentos constituírem uma fonte estável e rica de informações, pois, além de poderem ser consultados várias vezes, persistem ao longo do tempo. Deles podem também ser retiradas evidências que fundamentem afirmações e declarações do pesquisador. Representam ainda uma fonte “natural” de informação.

De acordo com Lüdke e André (1986), a escolha dos documentos não é aleatória. Ela é orientada por algum propósito, idéia ou hipótese, dependendo do que está sendo pesquisado. A escolha arbitrária de documentos é criticada por representar uma ênfase em algum aspecto ou temática específica. Essa crítica, no entanto, pode ser contestada lembrando que o propósito da análise documental é justamente fazer inferências sobre os valores, os sentimentos, as intenções e a ideologia das fontes ou dos autores dos documentos. Constitui parte da análise explicitar o tipo de documento analisado e as razões para sua escolha (LÜDKE & ANDRÉ, 1986).

Os documentos reunidos nesta pesquisa são aqueles produzidos pelos alunos e que fazem referência ao trabalho relacionado com a ferramenta de hipermissão. Foram reunidos: portfólios, provas, exercícios, maquetes e vídeos. Eles são analisados com o objetivo de complementar as informações obtidas com as entrevistas e a observação participante.

#### **4.4.3. Entrevistas**

A entrevista tem o intuito de valorizar a expressão das representações dos sujeitos principalmente através de relatos verbais. A dinâmica de entrevista em grupo possibilita não apenas esse resgate, mas o libera, permitindo o surgimento de desdobramentos na discussão pela reflexão e problematização



entre os membros do próprio grupo, descentralizando o papel de condutor exclusivo da figura do pesquisador, o que pode trazer relatos mais autênticos.

Para esse trabalho de pesquisa os alunos foram entrevistados em grupo para discutir e comentar sobre:

1. Você gosta de estudar Física?
2. O que você gosta na Física? e o que faz com que você não goste de Física?
3. Você gostou dessa nova forma de aula de Física com o CD?
4. O que você mais gostou no material?
5. O que você menos gostou no material?
6. O que você modificaria no material?
7. Você gostaria de ter sempre aulas dessa forma, ou gostaria de voltar a forma antiga?
8. O que melhor vocês aprenderam? o que ficou marcado com o uso do material?
9. O que vocês acham de aprender Física partindo da história da Física?
10. O que vocês acham de aprender Física tendo como pano de fundo uma tema tecnológico, que no nosso caso foram os satélites?

As entrevistas em grupo foram realizadas ao final do desenvolvimento pedagógico feito com a ferramenta de hipermídia. Foram realizadas duas entrevistas com dois grupos diferentes de alunos. Da primeira entrevista participaram 3 alunos da turma A e da outra 3 alunos da turma B. A entrevistas foram realizadas em dia combinado com os alunos participantes.

#### **4.5. Trabalho de Campo: Atividades Desenvolvidas**

A escola na qual a pesquisa foi desenvolvida tem seu ano letivo dividido em três trimestres. O uso da ferramenta de hipermídia aconteceu durante o último mês de aula do ano de 2007. Foram destinadas à aplicação do material

três aulas de cinquenta minutos por semana. Logo, o material foi utilizado num período de doze aulas.

#### **4.5.1. Caracterização da escola pesquisada**

Como já mencionado a pesquisa foi realizada dentro de uma escola da rede privada de ensino. A escola funciona em dois turnos, ou seja, matutino e vespertino e atende a 756 alunos, sendo 569 no turno matutino e 187 no turno vespertino. A pesquisa foi realizada com duas turmas do 1º ano do turno matutino, cada uma das turmas contava com 31 e 27 alunos, respectivamente.

A escola conta com uma área construída de 15 000 m<sup>2</sup>, estruturados em administração, direção, 23 salas de aula, professores, visita, vídeo, música, dança e artes plásticas. Há ainda sala para mecanografia, capela, secretaria, enfermaria, auditório, lanchonete, ginásio, duas quadras poliesportivas, 10 banheiros, parque aquático, jardim e laboratórios de informática, Física, Química, Biologia e Matemática. As cinco salas de aula do Ensino Médio possuem o quadro interativo *smart board*. Como podemos ver a escola tem uma ótima infra-estrutura física, material e humana, contando com pessoal qualificado. A escola não tem problemas com manutenção, mantendo boa conservação. Na medida do possível, são adquiridas as últimas tecnológicas para ensino, como é o caso do *smart board*. De tempos em tempos a escola compra novos equipamentos e material permanente. Há sempre material de consumo de boa qualidade. Finalmente, cabe aqui relatar que a escola apoiou inteiramente, e sem restrições, à realização dessa pesquisa.

A escola fica localizada em bairro nobre da cidade e seus alunos, em sua grande maioria, pertencem a classes sociais mais altas. Portanto, os alunos apresentam bom poder aquisitivo e, não trabalham, apenas estudam.

A instituição tem como missão promover uma educação fundamentada em valores cristãos, que contribuam para a formação da pessoa humana, educação que leve os alunos a atuarem na sociedade de forma, justa e compassiva, criativa e empreendedora. A visão da escola é de tornar-se uma instituição reconhecida pela sociedade, através da excelência em seus serviços e atendimentos educacionais.

O trabalho da instituição tem como princípios: (1) a exemplo de Maria, ser no mundo o Coração de Deus; (2) visão cristã em todo processo educativo; (3) educação solidária que passe pelo coração; (4) compromisso com os necessitados; (5) valorização da vida e da biodiversidade; (6) atitude ética e valorização das relações interpessoais; (7) respeito à diversidade; (8) Interação escola-família-comunidade; (9) práxis pedagógica para a construção da autonomia; (10) qualificação e competência profissional; (11) tecnologia a serviço da humanização.

O quadro docente da escola é constituído por 45 professores. Semanalmente, durante cinquenta minutos, os professores se reúnem por área do conhecimento, para os trabalhos de coordenação. A escola possui apenas uma coordenadora para o Ensino Fundamental e médio, não existindo coordenadores de áreas específicas.

Antes do início das atividades com o uso da hipermissão, foi solicitado que cada aluno trouxesse um caderno para ser usado como portfólio. Alguns questionaram a solicitação, mas após as explicações, imediatamente concordaram. O portfólio faz parte da coleta de dados.

### **(a) Primeira Aula**

No início da primeira aula os alunos responderam a um questionário dividido em duas partes. A primeira parte do questionário era dividida em duas seções, na primeira os alunos deveriam responder de forma dissertativa à pergunta “O que é um satélite?”, e outra, de múltipla escolha, na qual os alunos deveriam marcar com um “x” as opções que representavam, em suas concepções, exemplos de satélites. Os alunos tinham cinco minutos para elaboração das respostas. Após responderem apresentou-se a parte da hipermissão que trata da definição do termo satélite. O passo seguinte foi pedir aos alunos, caso achassem necessário, que reescrevessem suas respostas à pergunta: “O que é um satélite?” analisando também as opções marcadas como exemplos de satélites.

Para a primeira pergunta, o que é um satélite, vejamos algumas respostas escolhidas de forma aleatória:

### **Aluno A**

“Máquina jogada ao espaço para colher informações”. O aluno faz referência a satélites do tipo artificial, pois enfatiza a função colher informações.

### **Aluno B**

“Corpos que giram em torno dos planetas”. Quando o aluno usa a palavra corpos, pode fazer referência a satélites artificiais ou naturais. Ele tem noção dos satélites orbitarem em torno de planetas.

### **Aluno C**

“Algo que monitora os efeitos da Terra e descobre várias informações”. A definição de satélite restringiu-se aos artificiais, enfatizando-se novamente o colher informações.

### **Aluno D**

“É uma tecnologia, em que mandaram para o espaço para nos ajudar com tecnologias na Terra, como o uso do GPS, telefonia, etc”. Novamente a definição é de satélites artificiais. O aluno sabe que os satélites são utilizados na obtenção de informações.

Vejamos, a seguir, algumas definições para o termo satélite elaboradas após a apresentação da hipermissão.

### **Aluno A**

“É um corpo que gira em torno de outro corpo (planeta) devido à força da gravidade. Esses satélites podem ser artificiais, que são os satélites que monitoram o movimento do planeta, ou naturais, que são os corpos que desde a criação do planeta existem”. O aluno define satélite de uma forma mais precisa. Percebe que os satélites podem ser artificiais ou naturais não vendo apenas como uma máquina.

### **Aluno B**

“É um objeto no qual existe o natural e o artificial e que órbita em torno da Terra”. A definição ficou mais precisa. O aluno agora tem noção da existência de satélites artificiais e naturais.

### **Aluno C**

“É uma máquina criada pelo homem que é lançada em órbita do planeta que recebe e envia dados com grande velocidade para qualquer lugar do planeta”. O aluno complementou a resposta, porém restringiu-se novamente a definição de satélites artificiais.

### **Aluno D**

“Tem dois tipos de satélite natural que é a Lua e o satélite artificial que o homem mandou para o espaço”. O aluno expande sua resposta ao citar a Lua como satélite natural. Na resposta anterior, antes da apresentação da hipermissão, havia citado apenas satélites artificiais.

Percebemos a melhoria da definição do termo satélite. Na avaliação de aprendizagem aplicada posteriormente às turmas foi confirmado um maior conhecimento do significado do termo.

Para a segunda atividade, marcar com um “X” exemplos de satélites, os alunos tinham as opções: Lua, Sol, nave orbitando em torno da Terra e telescópio. Algumas marcações:

### **Aluno A**

“Lua - Nave orbitando em torno da Terra – Telescópio”. Percebemos o entendimento, por parte do aluno, da definição de satélites, pois não restringiu-se à marcação das opções que representavam satélites artificiais.

### **Aluno B**

“Lua”. O entendimento do termo se restringiu aos satélites naturais.

### **Aluno C**

“Nave orbitando em torno da Terra”. Nesse caso a definição de satélites se restringiu ao artificial, mesmo assim com problemas, pois o aluno deveria marcar a opção telescópio.

#### **Aluno D**

“Telescópio”. Novamente a definição de satélites se restringiu ao artificial, mesmo assim com problemas, pois o aluno deveria marcar a opção Nave orbitando em torno da Terra.

A seguir, as marcações realizadas pelos alunos após a apresentação da hipermídia.

#### **Aluno A**

Não fez nenhuma alteração nas marcações.

#### **Aluno B**

Além de marcar a Lua o aluno agora marca nave orbitando em torno da Terra e telescópio. Percebemos que este aluno tem agora um melhor entendimento do que seria um satélite.

#### **Aluno C**

Além de marcar nave orbitando em torno da Terra agora o aluno marcou telescópio e Lua. Este aluno também melhorou o entendimento do que é satélite.

#### **Aluno D**

Além de marcar telescópio, que já havia marcado anteriormente, o aluno marcou Lua e nave orbitando em torno da Terra. Aqui também fica claro um maior entendimento do termo.

É importante observar que todos os alunos têm noção do Sol não consistir em um satélite.

Quando os alunos estavam satisfeitos com suas reformulações sobre satélites, a segunda parte do questionário foi entregue. Agora os alunos deveriam escrever qual a utilidade dos satélites artificiais: astronômicos, de comunicação, meteorológicos, militares, de navegação e de levantamento de recursos terrestres.

### **Aluno A**

- Astronômicos – estuda as estrelas e constelações.
- De comunicação – para comunicação de países e para televisão e telefone, informações de queimadas.
- Meteorológicos – para ver o tempo e as estações do ano.
- Militares – para observar bases militares dos inimigos.
- De navegação – para orientar navegantes e também para rastreamento e localização (GPS).
- De levantamento de recursos terrestres – para ver queimada, achar petróleo ou qualquer outro mineral e observar toda a Terra, queimada e derretimentos.

### **Aluno B**

- Astronômicos – lida com informações espaciais.
- De comunicação – lida com a área de comunicação.
- Meteorológicos – lida com a área de mudanças climáticas.
- Militares – lida com a área militar.
- De navegação – lida com a área de navegação.
- De levantamento de recursos terrestres - lida com a área de recursos oferecidos pela Terra.

### **Aluno C**

- Astronômicos – não sabe.
- De comunicação – evoluir a comunicação.
- Meteorológicos – para descobrir a respeito do tempo.
- Militares – a respeito de proteção.
- De navegação – para navegar.
- De levantamento de recursos terrestres – para levantar novos recursos.

### **Aluno D**

- Astronômicos – ver estrelas.
- De comunicação – para facilitar a comunicação do mundo.
- Meteorológicos – para ver o clima.
- Militares – para a proteção dos países.
- De navegação – para ajudar na navegação, ver correntes marítimas, etc.
- De levantamento de recursos terrestres – encontrar recursos na Terra, como ouro, prata, etc.

Ao término da elaboração das respostas, foi apresentada a parte da hiperímia que definia cada tipo de satélite citado anteriormente. Foi solicitado aos alunos, caso achassem necessário, a reformulação das respostas.

### **Aluno A**

Não achou necessária nenhuma reformulação.

### **Aluno B**

Não achou necessária nenhuma reformulação.



### **Aluno C**

- Astronômicos – para visualizar o espaço.
- De comunicação – para transmissão de informações.
- Meteorológicos – para colher informações sobre o clima.
- Militares – para buscar informações de guerra.
- De navegação – para fornecer informações de navegação.
- De levantamento de recursos terrestres – para levantar novos recursos de alimentos.

### **Aluno D**

Não achou necessária nenhuma reformulação.

As definições iniciais para cada tipo de satélite já estavam próximas das definições corretas, com exceção das definições dadas pelo aluno C. Após a apresentação da hiperímia o aluno melhorou de forma substancial as definições.

Como atividade para casa os alunos deveriam pesquisar quais são os satélites brasileiros existentes em órbita e suas funções.

### **(b) Segunda Aula**

A segunda aula teve como tema as idéias de Aristóteles. Solicitou-se aos alunos que se dividissem em grupos, de quatro alunos cada. Cada grupo deveria responder à pergunta: você sabe como se coloca um satélite artificial em órbita? Algumas respostas:

#### **Grupo 1**

Coloca-se ele dentro de um foguete que é lançado no ar, lá ele começa a se despedaçar e de dentro do veículo lançador de satélite vai na órbita dirigida.

## **Grupo 2**

Lança-o como um foguete e ao chegar no universo é só ligá-lo, e pronto.

## **Grupo 3**

Um propulsor faz o satélite subir com uma grande velocidade até ele ser descartado caindo novamente na Terra e depois o satélite tem um mecanismo para ir para a sua rota.

## **Grupo 4**

Coloca em uma nave e depois ele vai subindo tirando todas as partes até se formar o satélite.

Após essa tarefa, foram trabalhadas, com uso da hipermedia, as idéias Aristóteles sobre o Cosmo. Depois disso, solicitou-se aos grupos responderem a pergunta: se os movimentos violentos exigem uma causa, o que faria uma pedra continuar se movimentando mesmo depois de perder contato com a mão do lançador?

Respostas de alguns grupos:

## **Grupo 1**

O ar empurra a pedra para frente.

## **Grupo 2**

A força fica armazenada na pedra.

## **Grupo 3**

O ar muda de lugar e impulsiona a pedra.

## **Grupo 4**

Devido ao deslocamento do ar.

Como atividade para casa, os alunos deveriam ler o texto de apoio sobre as idéias de Aristóteles e elaborar uma síntese. Deveriam também responder à pergunta: você teria algum argumento convincente sobre o fato da Terra girar em torno do Sol?

### **(c) Terceira Aula**

A terceira aula teve como tema as idéias de Hiparco e Ptolomeu. Foi apresentada a parte da hipermídia referente à Hiparco e a Ptolomeu. Foram trabalhadas as teorias desses dois pensadores até o problema do movimento retrógrado de um planeta, quando este é observado da Terra por vários dias. Foi solicitado aos alunos que em grupos, de quatro alunos, respondessem à pergunta: O que fez Ptolomeu para salvar sua teoria?

#### **Grupo 1**

Afirmou que as observações estavam erradas.

#### **Grupo 2**

A observação depende do referencial por isso parece que em determinados locais voltar o planeta.

#### **Grupo 3**

Não sabemos como ele fez.

#### **Grupo 4**

Não teve salvação para a teoria.

Após as respostas foi apresentada a parte da hipermídia que explanava sobre a solução dada por Ptolomeu. Após a apresentação os alunos reescreveram as respostas:

#### **Grupo 1**

Cada planeta se move no epiciclo.

### **Grupo 2**

Através dos epiciclos e deferentes.

### **Grupo 3**

De tempos em tempos os planetas voltam as posições originais.

### **Grupo 4**

Através dos epiciclos.

Percebemos que após a apresentação da hipermídia os alunos conseguiram melhorar de forma plausível as respostas, faltando apenas um maior detalhamento.

Ao término da aula solicitou-se aos alunos a entrega dos cadernos para uma primeira análise desses documentos. Como atividade de casa os alunos deveriam pesquisar a teoria do *Impetus*.

### **(d) Quarta Aula**

A quarta aula teve como tema Copérnico. Foi apresentada aos alunos a parte da hipermídia referente ao sistema idealizado por Copérnico e, posteriormente, foi solicitado aos alunos que em grupo, de quatro alunos, respondessem à pergunta: você sabe como o sistema heliocêntrico de Copérnico explicava o movimento retrógrado dos planetas?

### **Grupo 1**

Da mesma forma explicada por Ptolomeu.

### **Grupo 2**

Através dos epicilos.

### **Grupo 3**

Não sabemos como ele fez.

### **Grupo 4**

Com os epiciclos e deferentes.

Após a apresentação das explicações dadas por Copérnico os alunos reformularam as respostas.

### **Grupo 1**

Marte gira em torno do Sol mais devagar do que a Terra. Quando a Terra passa perto de Marte vemos Marte indo, voltando e depois seguindo sua direção.

### **Grupo 2**

Devido as velocidades diferentes dos planetas.

### **Grupo 3**

Os planetas apenas aparentam ir e voltar.

### **Grupo 4**

A Terra gira mais rápido que Marte com isso parece que o planeta volta.

Percebemos uma melhora nas explicações, porém por se tratar de um fenômeno de difícil entendimento percebemos a necessidade de maior tempo dedicado ao estudo do fenômeno.

Como atividade de casa os alunos tiveram que pesquisar sobre a renascença.

### **(e) Quinta aula**

A quinta aula teve como tema Tycho Brahe. A aula iniciou-se com uma breve apresentação da biografia de Brahe. Em seguida os alunos tiveram contato com o seu modelo planetário. O professor solicitou que os alunos defendessem, de forma escrita em seu portfólio, o modelo planetário, concebido como correto. Como atividade de casa, os alunos deveriam desenhar, em uma cartolina, o modelo planetário de Brahe.

### **(f) Sexta aula**

A sexta aula teve como tema Kepler. Foi apresentada a parte da hipermissão referente a Kepler. Logo após, o professor solicitou aos alunos que respondessem, individualmente, as perguntas do livro texto (física ciência e tecnologia. Autores: Nicolau, Penteadó, Toledo e Torres. Volume único.) referente às leis de Kepler. Como atividade de casa foi solicitado aos alunos que fizessem uma redação, de no máximo vinte linhas, interpretando a poesia ouvir estrelas de Olavo Bilac, presente na hipermissão.

### **(g) Sétima aula**

A sétima aula foi utilizada para realização de um debate sobre a poesia de ouvir estrelas e as leis de Kepler. Os alunos apresentaram uma grande dificuldade na interpretação da poesia, porém durante o debate a interpretação tornou-se mais clara. Ao final, conseguiram entender a relação da poesia com as idéias de Kepler de harmonia do universo.

Como atividade para casa os alunos tiveram que pesquisar sobre: vida e obra de Galileu Galilei.

### **(h) Oitava aula**

A oitava aula teve como tema Galileu Galilei. Toda a parte da hipermissão referente a Galileu foi apresentada. Posteriormente, foi solicitado aos alunos que sentassem em círculo para a promoção de um debate sobre a vida e a obra de Galileu. Logo após, foi solicitado aos alunos como atividade para casa, que elaborassem uma síntese do debate.

### **(i) Nona aula**

A nona aula foi utilizada para a confecção dos modelos planetários: geocêntrico e heliocêntrico. A sala foi dividida em grupos de quatro alunos. Cada grupo deveria montar o seu modelo e, posteriormente, apresentar para o restante da turma. Como atividade de casa foi solicitada uma pesquisa, individual, sobre os fenômenos das marés.

### **(j) Décima aula**

A décima aula teve como tema Isaac Newton. À medida que a parte da hipermissão referente a Newton era apresentada e as dúvidas surgiam, o professor parava a aula e, juntamente, com a turma tentava sanar os questionamentos. Nessa aula foi trabalhada apenas a parte da hipermissão referente à vida e obra de Newton. Como atividade para casa foi solicitado ao aluno à construção de um texto narrativo sobre a parte da vida de Newton que mais havia chamado a sua atenção.

### **(k) Décima primeira aula**

A décima primeira aula teve como tema as leis de Newton. Após a apresentação de cada lei o professor parava a aula e fazia uma pergunta para a turma. Cada aluno escrevia sua resposta no caderno e somente após, o professor elaborava a resposta com toda a turma. Como atividade de casa os alunos pesquisaram sobre a aplicabilidade da lei da gravitação universal de Newton nos dias atuais.

### **(l) Décima segunda aula**

A última aula (décima segunda) foi utilizada para o estudo mais aprofundado da lei da gravitação universal de Newton. Os alunos, durante a aula e com a ajuda do professor, responderam algumas perguntas sobre a lei de gravitação universal. Perguntas utilizadas:

- 1 - Enuncie a lei da gravitação universal proposta por Isaac Newton.
- 2 - As afirmativas seguintes costumam ser feitas por pessoas que não conhecem muito bem a Lei da Gravitação Universal. Apresente argumentos, que mostrem que estas afirmativas não são corretas.
  - a) "A força de atração da Terra sobre um satélite artificial é nula, porque eles estão muito afastados de seu centro."
  - b) "Um foguete não será mais atraído pela Terra quando ele chegar a regiões fora da atmosfera terrestre."

**3** - Calcule a força de atração gravitacional entre o Sol e a Terra. Dados: massa do Sol =  $2 \cdot 10^{30}$  kg, massa da Terra =  $6 \cdot 10^{24}$  kg, distância entre o centro do Sol e o centro da Terra =  $1,5 \cdot 10^{11}$  m e  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

**4** - Dois navios de 300.000 toneladas cada estão separados por uma distância de 100 metros entre seus centros de massa. Calcule o valor da força de atração gravitacional entre eles. Dado:  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

**5** - Determine a força de atração gravitacional da Terra sobre a Lua, sendo dados: massa da Lua =  $1 \cdot 10^{23}$  kg; massa da Terra =  $6 \cdot 10^{24}$  kg; distância do centro da Terra ao centro da Lua =  $4 \cdot 10^5$  km;  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.



## **Capítulo 5 – Análise dos Dados**

Após a definição do caminho metodológico e a apresentação de como foi trilhado o trabalho de campo, começaremos esse capítulo descrevendo os critérios utilizados para determinarmos as categorias teóricas, empíricas e as unidades de análise que subsidiaram a análise dos resultados obtidos na pesquisa de campo, a ser apresentada na análise dos resultados.

### ***5.1. Definição das categorias e unidades de análise***

Depois de realizarmos a sistematização dos conteúdos que balizadores da fundamentação teórica da pesquisa, definimos as categorias teóricas que proporcionam sustentação à análise dos dados. As categorias teóricas identificadas foram: Ensino de Ciências e ferramentas de ensino. Esta clareza, dada pela fundamentação teórica, nos ajudou a optar pelo método de estudo de caso e a escolher os instrumentos de pesquisa. Optamos pela realização de entrevistas em grupo e análise de documentos.

Após a coleta de dados em nossa realidade, definimos nossas categorias empíricas. Essas categorias emergiram do trabalho de campo. Baseados nas entrevistas e nos questionário, foram estabelecidas, para cada questão, as categorias empíricas: metodologia de ensino, computador na educação e livro texto. Posteriormente sistematizados os dados, para facilitar o processo de análise, foram criadas as seguintes unidades de análise: decorar e aplicar fórmulas, História e Filosofia da Ciência, tema tecnológico, diversificação das ferramentas de ensino, dinamicidade das aulas, aluno disperso, fazer pesquisas, interatividade, motivação, vídeos, simulações, animações e interpretação textual.

A seguir apresentamos três tabelas. A primeira (tabela I) apresenta as duas categorias teóricas: Ensino de Ciências e Ferramentas de Ensino. A segunda (tabela II) apresenta a primeira categoria teórica, sua categoria empírica e suas unidades de análise. A terceira (tabela III) apresenta a segunda categoria teórica, suas duas categorias empíricas, e suas unidades de

análise. A numeração representa as categorias empíricas e os marcadores representam as unidades de análise.

**Tabela 1**

Ensino de Ciências	Ferramentas de Ensino
<p>1 - METODOLOGIA DE ENSINO</p> <ul style="list-style-type: none"><li>* Abordagem histórica do conteúdo</li><li>* Diversificação das ferramentas de aprendizagem.</li><li>* Dinamicidade das aulas.</li><li>* Aplicar fórmulas.</li><li>* Pesquisas.</li><li>* Tema tecnológico.</li><li>* Aluno disperso.</li><li>* Decorar fórmulas.</li></ul>	<p>1 - COMPUTADOR</p> <ul style="list-style-type: none"><li>* Interatividade.</li><li>* Motivação.</li><li>* Vídeos.</li><li>* Simulações.</li><li>* Animações.</li></ul> <p>2 - LIVRO TEXTO</p> <ul style="list-style-type: none"><li>* Dificuldade na interpretação textual.</li><li>* Fazer exercícios.</li></ul>

**Tabela 2**

CATEGORIA 1 – ENSINO DE CIÊNCIAS	UNIDADES DE ANÁLISE
1 – Metodologia de Ensino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Abordagem histórica do conteúdo</li> <li>* Diversificação das ferramentas de aprendizagem.</li> <li>* Dinamicidade das aulas.</li> <li>* Aplicar fórmulas.</li> <li>* Pesquisas.</li> <li>* Tema tecnológico.</li> <li>* Aluno disperso.</li> <li>* Decorar fórmulas.</li> </ul>

**Tabela 3**

CATEGORIA 2 – FERRAMENTAS DE ENSINO	UNIDADES DE ANÁLISE
1 – Computador	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Interatividade.</li> <li>* Motivação.</li> <li>* vídeos.</li> <li>* Simulações.</li> <li>* Animações.</li> </ul>
2 – Livro texto	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Dificuldade na interpretação textual.</li> <li>* Fazer exercícios.</li> </ul>

Após termos definido nossas categorias e unidades de análise iremos agora analisar os dados obtidos em nossa pesquisa de campo.

## **5.2. Análise dos Dados**

A análise dos dados foi realizada através da triangulação dos instrumentos de coleta de dados da pesquisa, tais como as informações obtidas pelas entrevistas, observações e análise de documentos. Tomemos a questão inicial de nosso referencial de entrevista: se o aluno gosta de estudar Física. As respostas se concentraram em três vetores: decorar fórmulas, História e Filosofia da Ciência e tema tecnológico.

Os alunos afirmaram gostar de estudar Física, principalmente quando o conteúdo é apresentado com base em uma **abordagem histórica da ciência**, porém não gostam de **ficar decorando e aplicando fórmulas**. Expressaram-se:

*(...) não gosto de ficar só resolvendo exercícios. Com essa nova forma, sabemos como o conteúdo foi evoluindo ao longo do tempo, eu acho isso muito interessante.*

Como havíamos apresentado em nosso referencial teórico, Matthews (1995) acredita que o Ensino de Ciências pode ter melhores resultados quando baseado em HFS.

A **contextualização** do conteúdo também foi citada pelos alunos. Conseguir visualizar a relação do conteúdo com um tema do cotidiano, que em nosso caso foram os satélites, também é apontado pelos alunos como algo que eles acham interessante. Expressaram-se:

*(...) Gosto de estudar a parte teórica da física, principalmente quando consigo visualizar o conteúdo em meu dia-a-dia.*

Em nossa fundamentação teórica as OCEM (BRASIL, 2006), na parte destinada aos conhecimentos da Física, chamam atenção para a importância da apresentação do cotidiano e da contextualização para uma melhor formação de nossos alunos.

A segunda questão da entrevista era: o que os alunos gostavam na Física e o que fazia com que não gostassem. As respostas foram concentradas

em quatro vetores: decorar fórmulas, abordagem histórica da ciência, tema tecnológico e dificuldade na interpretação textual. Aqui três vetores conhecem com o da resposta anterior. Afirmam novamente não gostar de ficar decorando fórmulas. Dizem que decorar fórmulas e aplicar na resolução de exercícios acaba deixando o conteúdo monótono.

A **abordagem histórica do conteúdo** é citada novamente como algo positivo, assim como a relação do conteúdo com um tema tecnológico.

O novo vetor, dificuldade de interpretação textual, foi apontado como um complicador no entendimento da Física. Para os alunos a interpretação textual é algo dificultador ao entendimento dos conceitos físicos. Argumentaram achar difícil interpretar os textos que precedem às questões do livro. Expressaram-se:

*(...) O quê dificulta na física são os textos, que acabam te confundindo na hora dos cálculos.*

A terceira questão tinha o objetivo de revelar se os alunos haviam apreciado a nova forma de aula de Física com uso do CD. Desta vez três novos vetores aparecem: **interatividade**, **motivação** e **diversificação das ferramentas** de ensino; e dois vetores se repetem: **fazer exercícios** e **dificuldade na interpretação textual**.

A interatividade propiciada pelo material é apontada pelos alunos como algo muito positivo. Dizem gostar de poder explorar o material de forma autônoma, principalmente em casa, e de poderem manipular os dados e visualizarem os resultados em algumas simulações presentes no material hipermídia.

A interatividade é uma característica marcante no material multimídia. Como apresentamos na fundamentação teórica Braga (2005) argumenta que: a escolha de caminhos em materiais construídos de forma hipertextual e hipermodal pode auxiliar a aprendizagem, na medida em que permite ao aprendiz fazer escolhas de caminhos e canais de recepção que são mais adequados às suas necessidades e também aos seus estilos cognitivos e modos de aprender.

Os alunos argumentaram que o material acabou motivando-os a prestar maior atença3o às aulas e a estudarem em casa. Dizem que a mudan3a na forma de expor a mat3ria contribuiu para torn3-los mais interessados no cont3udo:

*(...) eu n3o tinha o h3bito de estudar em casa, 3 mais divertido ficar no computador estudando.*

*(...) acho que 3 um jeito mais interativo, deixa a aula mais dinamizada e 3 mais f3cil para gente estudar.*

A quarta quest3o pedia para os alunos definissem o que mais haviam gostado no material. Dois vetores se repetem mais uma vez: **abordagem hist3rica do cont3udo e tema tecnol3gico**. Tr3s novos vetores aparecem: **v3deos, simula33es e anima33es**.

Os alunos apontaram os v3deos da hiperfídia como forte atrativo. Afirmaram que os v3deos eram bons e que durante o estudo em casa, chegaram a assistir alguns deles diversas vezes. Expressaram:

*(...) uma coisa que gostei bastante foram os v3deos, que d3o maior dinamismo 3 aula.*

As simula33es s3o apontadas por Medeiros e Medeiros (2002) como algo que os engaja nas tarefas com alto n3vel de interatividade, favorecendo assim a aprendizagem. As anima33es favorecem a visualiza33o de alguns fen3menos sem a qual os alunos teriam que abstrair diante de fen3menos nunca observados, tais como o movimento retr3grado dos planetas. Sendo assim, acreditamos que a anima33o 3 um elemento de grande valia em um material hiperfídia.

A quinta quest3o demandava dos alunos uma resposta sobre o que menos haviam gostado no material. Nessa pergunta encontramos apenas um vetor: aluno disperso.

Os alunos afirmam que seria interessante aulas desenvolvidas usando n3o s3o o material hiperfídia, mas que tamb3m que se tivessem aulas "tradicionais". Expressaram:

*(...) chega um momento que a gente se dispersa. As aulas deveriam tamb3m ser tradicionais.*

A sexta questão solicitava aos alunos sugestões sobre o que modificariam no material. Para essa questão não tivemos nenhum vetor, pois os alunos afirmaram que não viam necessidade em mudar o material.

A sétima questão tinha relação com a metodologia aplicada às aulas e pedia aos alunos que respondessem se gostariam de ter aulas sempre dessa nova forma ou se tinham vontade de voltar a ter as aulas como eram antes. Nessa questão três vetores se repetem - **diversificação das ferramentas** de ensino, **motivação** e **interatividade** - e um novo vetor aparece - **fazer pesquisas**.

Os alunos afirmaram que as solicitações para que fizessem **pesquisas** os instigou a ter maior interesse pelo conteúdo. Expressaram:

*Antigamente a gente fazia exercícios, assim eu não gostava, agora fazendo pesquisas fica bem melhor.*

Na oitava questão os alunos responderam o que mais os havia marcado, com o uso do material. Dois foram os vetores definidos e repetidos: abordagem histórica do conteúdo e tema tecnológico. Expressaram:

*Me marcou poder estudar o progresso da ciência ao longo do tempo, desde Aristóteles até Newton.*

*Gostei de poder estudar os satélites.*

Na nona questão os alunos deveriam dizer se gostaram de estudar Física partindo da história da Física. Foram definidos dois vetores a partir dessa questão: **aplicar fórmulas** e **abordagem histórica do conteúdo**. Novamente os alunos afirmam não gostar de estudar Física através da resolução de exercícios e se restringindo à **aplicação de fórmulas**. Expressaram:

*É melhor, pois você não precisa só decorar fórmulas, você aprende as raízes da Física, você consegue estabelecer o próximo, consegue fazer passo a passo.*

Novamente argumentam gostar de aprender Física, quando é usada uma abordagem histórica da ciência. Expressaram:

*Quando você explica a história de como surgiu aquilo tudo, interessa muito mais o aluno e cria uma forma de aprendizado melhor.*

*Acho bem melhor do que antigamente, jogava a fórmula e pronto. Dessa nova forma temos a noção de processo e aonde você utiliza aquilo que está aprendendo.*

Na décima questão os alunos deveriam argumentar o que acharam de aprender Física tendo como pano de fundo um tema tecnológico, no caso os satélites. Aqui tivemos dois vetores repetidos: **abordagem histórica do conteúdo** e **tema tecnológico**. Os alunos afirmaram ter gostado de aprender Física partindo de um tema que conseguem visualizar a aplicação no cotidiano e de entender o desenvolvimento necessário para que aquela tecnologia fosse possível. Expressaram:

*É uma boa opção, pois muitas vezes a gente fica perguntando qual a necessidade da gente estudar isso e quando você pega do ponto de partida uma coisa que já existe você vê que é extremamente importante para nossa vida.*

*Nessa era que estamos vivendo que é da tecnologia, você usar o tema satélites para explicar gravitação universal é muito interessante, pois se você usa um tema atual para explicar as coisas que aconteceram no passado, intera muito mais o aluno para ele ver o que está acontecendo hoje e ligar os acontecimentos rapidamente.*

Na décima primeira, e última questão da entrevista, foi perguntado aos alunos se eles tinham mais alguma coisa a colocar sobre o material ou a dinâmica das aulas. Foram definidos dois vetores: **interação** e **dinamicidade** das aulas. Os alunos acharam as aulas mais dinâmicas e com maior interação professor-aluno. Expressaram:

*É que assim com a utilização do CD e da tecnologia dinamizou mais a aula e ficou até mais fácil de prestar atenção e estudar. Facilitou muito para você e para gente.*

*Deve continuar dessa forma eu estou aprendendo mais e a interação com o professor é maior.*

*Eu acho que esse jeito de dar aula ajudou todo mundo. É bem mais interessante, facilita muito, acho que não tem nada a mudar.*

É necessário ressaltar ainda que pais de alunos nos procuraram, na escola, para conversar sobre “a novidade”. Eles nos disseram conhecer o material pelos filhos, que andavam bastante estimulados a estudar. Esses pais nos agradeceram por estar usando a hipermídia, afirmando que nunca tinha visto seus filhos demonstrarem tanta euforia para estudar em casa. Uma vez mais foi confirmado por essas conversas a aceitação do material.



Acrescentaram que pela primeira vez viram seus filhos utilizando o computador para estudar. Esses pais afirmaram que, em geral, o computador era usado com outros fins, distintos do estudo.

Ao término do trabalho foi solicitado aos alunos que entregassem os portfólios para análise. Um dos aspectos evidentes na análise dos portfólios é que quase todos os alunos desenvolveram as atividades sugeridas no decorrer do processo. Apenas três alunos não entregaram o material. Afirmaram terem faltado à algumas aulas e com isso não conseguiram atualizar o portfólio.

As pesquisas e os exercícios solicitados aos alunos e desenvolvidas no portfólio, foram apontados pelos mesmos; durante conversas em sala e durante às entrevistas, como algo que muito contribuiu para a aprendizagem. Alguns alunos tinham o hábito de não separar o caderno por disciplina. Aula após aula escreviam no caderno sem efetuar nenhuma separação. A desorganização com o material produzido em sala era enorme. Porém, com a solicitação de um caderno exclusivo para a disciplina de Física, esses alunos passaram a ter maior cuidado no lidar com o material, exceto um dos alunos que não apresentou o material para a análise.

Concluimos que o uso do portfólio foi algo positivo, pois diante da organização propiciada pela ferramenta os alunos tiveram maior facilidade na hora de estudar.

Ao término do trabalho com o material os alunos foram submetidos a uma avaliação de aprendizagem. Os alunos das duas turmas de aplicação do material, apresentaram melhor rendimento do que os alunos de outras duas turmas aonde não ocorreu à aplicação do material hipermissão.

A confecção de maquetes dos sistemas planetários foi também algo muito positivo. Os alunos afirmaram terem gostado de desenvolver a confecção dos modelos e disseram que essa atividade foi algo que os ajudou na hora da avaliação.

A filmagem de algumas aulas foi algo que muito ajudou na aplicação do material. Pois, ao ter a possibilidade de assisti-las em casa, com maior tempo e

traquilidade, pude visualizar quais momentos da aula os alunos estavam menos concentrados e em quais momentos mostravam maior interesse.

Percebi que os alunos perdiam o foco da aula quando a discussão em torno de determinado tema prolongava-se. Logo, nas aulas posteriores procurava adequar o tema ao tempo disponfvel.

Quando os alunos eram questionados ou quando estavamos assistindo a um vfdio ou simulao, eles mostravam um maior interesse.

Concluo a análise dos resultados acreditando que o material aliado a metodologia, foram peças fundamentais para que conseguissemos atingir os objetivos inicialmente traçados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegamos ao final dessa dissertação considerando que os nossos objetivos foram alcançados. Tínhamos como objetivos construir, aplicar e pesquisar a aceitação de uma ferramenta de hipermídia de abordagem histórica-temática para o estudo da lei de gravitação universal.

Como mencionado, para a elaboração da ferramenta de hipermídia nos baseamos no trabalho de Duarte (2006). A partir disso foi produzido um material histórico em linguagem html. Uma vez pronto o usamos em duas turmas de 2º ano do Ensino Médio.

Realizou-se uma pesquisa quase-experimental para examinar a aceitação da ferramenta pelos alunos. Após a análise dos resultados ficou evidente que os educandos aceitaram muito bem o material e a metodologia utilizada. Os discentes afirmaram que usar o computador para estudar é muito positivo e que o material, por ser interativo, instigou-os pesquisar e a estudar. Como foi visto na análise dos dados a abordagem histórica e temática dos conteúdos da Física envolvidos no material, é apontada pelos educandos como um dos aspectos mais positivos do material.

Da análise dos dados podemos concluir que a ferramenta hipermídia, de abordagem temática-histórica, possibilitou aos alunos uma maior dedicação à disciplina se compararmos com os alunos das outras turmas, nas quais a ferramenta não foi usada. Os alunos das duas turmas pesquisadas afirmaram sentir-se motivados a estudar em casa, o que não era usual.

O material, além de motivar os alunos a estudar em casa, como mostraram as análises dos dados das conversas com os pais dos educandos, tornou as aulas bem mais dinâmicas. Isso também foi corroborado pelas análises dos dados das entrevistas. Além disso, percebi uma redução na indisciplina em sala de aula. Algo que penso ter acontecido devido o interesse dos alunos pela forma como as aulas estavam sendo desenvolvidas.

Acreditamos que o material e a metodologia utilizada nas aulas podem contribuir para a aprendizagem dos alunos e conseqüentemente para o êxito

dos alunos nos exames nacionais, tal como o ENEM. Durante avaliação de aprendizagem, aplicada no final do trimestre, os educandos apresentaram bom rendimento, algo que não havia acontecido nos anos anteriores, sem o uso do material e da metodologia. Além disso, acredito que o material e a metodologia contribuíram na formação cidadã dos alunos. Em vários momentos os alunos tiveram que interagir entre si, aprendendo a respeitar o momento certo de falar, além de melhorarem seu comportamento quando da realização de trabalhos em grupo.

Chego ao fim desse trabalho me considerando um profissional mais completo por conseguir visualizar a aprendizagem de meus alunos. Este curso de mestrado me ajudou de forma inegável a melhorar a minha prática em sala de aula. Atualmente consigo analisar as atividades que desenvolvo em sala com outros olhos.

Antes, como foi discutido em minha contextualização, acreditava que o problema do baixo rendimento de meus educandos, se devia a falta de interesse deles. Agora, consigo visualizar que a mudança em minha prática pôde alterar esse quadro, pois entendo que, em qualquer tipo de metodologia utilizada, o professor tem um papel chave para motivar seu aluno a realizar as atividades de aprendizagem. Cada dia de trabalho, durante a realização dessa dissertação, foi um desafio. Agora com a conclusão do trabalho sinto-me ainda mais desafiado a melhorar a minha prática a cada dia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. O Ensino de Ciências e a Educação Básica: Propostas para superar a crise. ABC, 2007.

AGUIAR, C. E.; LAUDARES. F. Aquisição de Dados Usando Logo e a Porta de Jogos do PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 371-380, dezembro. 2001.

AIKENHEAD, G. Science – technology – society scienceducation development, from curriculum policyty student learning. In: conferência Internacional sobre ensino de ciências para o século XXI: ACT – Alfabetização em ciência e tecnologia, 1. Brasília, jun 1990. mimeo.

ARAÚJO, C. P.; FERREIRA, M. N.; SILVA, R. da.; SOUZA, M. de O. Análise do uso de novas tecnologias no ensino de física em quatro escolas públicas do município de Campos dos Goytacazes (RJ). In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <  
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0009-1.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2008.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 179-184, junho. 2004.

ARAÚJO, R. S.; VIANNA, D. M. Buscando elementos na internet para uma nova proposta pedagógica. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 135-151.

ARTUSO, A.R.; BRITO, G. da SILVA.; GARCIA, N. M. D. O uso da hipermídia no ensino de física: possibilidades de uma aprendizagem significativa. ). In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Maranhão, 2007. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0303-1.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2008.

BARBOSA, A. C. de CASTRO.; CARVALHAES, C. G.; COSTA, M. V. T. A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 249-254, jun. 2006.

BIZZO, N. M. V. História da Ciência e Ensino: onde terminam os paralelos possíveis?. Em *bertto*, Brasília, n. 55, 1992. Disponível em: <<http://www.emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/815/733>>.

Acesso em: 12 mai. 2008.

BORGES, R. M. R. *A natureza do conhecimento científico e a educação em ciências*. 1991. 235 f. Dissertação (Mestrado em educação) – Centro de Ciências da educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1991.

BRAGA, D. B. A comunicação interativa em ambiente hipermídia: as vantagens da hipermodalidade para o aprendizado no meio digital. In: MARCUSCHI, L. A.; XAVIER, A. C. (Org.). *Hipertexto e gêneros digitais*. Rio de Janeiro: Lucerna, 2005. p. 144-162.

BRAIT, B. 2001. O discurso sob o olhar de Bakhtin. In. GREGOLIN, M. Do R. & BARONAS, R. (Orgs.) *Análise do discurso: as materialidades do sentido*. São Paulo: Claraluz.

BRASIL/MCT/SERPRO. Futuro visto através do computador. Disponível em: <[http://www.serpro.gov.br/noticiasSERPRO/20070223\\_02](http://www.serpro.gov.br/noticiasSERPRO/20070223_02)> Acesso em: 12/08/2007.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais. Ensino Médio. Brasília, 1999.

BRASIL. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BOGDAN R. C. & BIKLEN, S. K. (1998). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods*. Boston: Allyn and Bacon.

BURBULES, N. e CALLISTER, T. *Watch It. The Risks and Promises of Information Technologies for Education*. Boulder, Colorado: Westview Press, 2000.

BUSH, Vannevar. As we may think. *Atlantic Monthly*, n. 1, p.101-108, July 1945. Disponível em:< <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush/2>>. Acesso em: 20 de maio 2008.

CANAVARRO, J. M. (1999). *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora.  
CARVALHO, M. S. R. M. de. *A trajetória da internet no Brasil: do surgimento das redes de computadores à instituição dos mecanismos de governança*. 2006. 239 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia de Sistemas e Computação) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CASTRO, RUTH. S. e CARVAHO, ANA M. P. História da ciência: investigando como usá-la num curso de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v.9, n.3; p. 225-237 dez. 1992.

CLEIDE, M. D. P. S. e SILVA; CLEITON, D. P. S. e SILVA; DIOGO D. P. S. e SILVA; SOARES, I. B.; SILVA, W. P. Apresentação do Software Educacional Vest21 Mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 221-231, junho. 2002.

DIAS, C. A. Hipertexto: evolução histórica e efeitos sociais. *Revista ciência da informação*, Brasília, v.28, n. 3, p. 269-277, set. – dez. 1999.

DIAS, P. M. C.; MAGALHÃES, M. de F.; SANTOS, W. M. S. Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n.4, p.489-496, dez. 2002.

DUARTE, R. C. B. *Módulo de mecânica newtoniana com uso de abordagem CTS – Histórica*. 2006. 231f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – PPGECC, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

EL – HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, L. B. da R. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 265-313, dez.-mar. 2004.

ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA e, 8., 2002, Águas de Lindóia. Anais eletrônicos... Águas de Lindóia: SBF, 2002. Disponível em: < [http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/CO15\\_1.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/CO15_1.pdf) >. Acesso em: 15 jan. 2008.

ENEM 2007. Disponível em:

<[http://www.enem.inep.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=12Itemid=34](http://www.enem.inep.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=12Itemid=34)>.

FIGUEIREDO, A. *et al* (1999). Towards a Web-based Memex. *ICECE'99 International Conference on Engineering and Computer Education*. Rio de Janeiro, 11-14 de agosto de 1999. Em CD-Rom.

FILHO, K. de S. O.; HECKLER, V.; SARAIVA, M. de F. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 267-273, junho. 2007.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, set. 2003.

FRAGA, L. M.; SANTOS, A. V. dos.; SANTOS, S. R. dos. Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 185-195, junho. 2002.



FREIRE, O. Jr. Formação Técnico-Científica e Formação Humanista. Uma Combinação Possível?. **Leituras Contemporâneas**, Salvador, n.1, 2003. Disponível em: < [http://www.fja.edu.br/publicacoes/p\\_lc\\_01.pdf](http://www.fja.edu.br/publicacoes/p_lc_01.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2008.

GIL PEREZ, D. Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2) pp197-212, 1993.

GIORDAN, O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=77&layout=abstract>> Acesso em: 13/08/2007.

GOBARA, S. ROSA, P.S.R. e PIUBÉLI, U.G. (2000) *Análise da influência do uso de microcomputadores nas alterações das concepções espontâneas à nível universitário básico*. In: VII Conferência Interamericana sobre Educação em Física, Porto Alegre (Canela), 03 a 07 de julho de 2000.

GUERRA, J. H. L. *Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção*. 2000. 168f.. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

HARISON, D.; JAQUES, M. *Experiments in virtual reality*. Butterworth Heinemann, New York (1996).

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, V. 4, n. 3, p. 197-211, set.-jan. 1999-2000.

HARTMANN, A. M. *Desafios e possibilidades da interdisciplinaridade no ensino médio*. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

JÚNIOR, E. M.; REGISTRO, E. L.; SCAPIN, R. H. Uma proposta de integração da internet ao ensino de física do curso médio das escolas da rede pública. In: VI Congresso internacional de educação à distância, Rio de Janeiro 1999. Disponível

em:<[http://](http://www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/rafael_scapin/rafael_scapin.htm)

[www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper\\_visem/rafael\\_scapin/rafael\\_scapin.htm](http://www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/rafael_scapin/rafael_scapin.htm)>.

Acesso em: 04 junho. 2008.

KERNAN, Alvin. Adeus a alfabetização? *Diálogo*. Rio de Janeiro v. 27, n.3 p. 68-72, 1994.

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo, EPU/Edusp, 1987.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf>>. Acesso em: 24 abril 2008.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 28, n.3, p.353-360, set. 2006.

LANDOW, G. P. *Hipertexto: La Convergencia de la Teoría Crítica Contemporánea y la Tecnología*. Barcelona: Ediciones Paidós, 1995. Tradução de Patrick Ducher.

LEVY, P. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro : Editora 34, 1993. 208 p. (Coleção TRANS).

LEVY, Pierre. *Cibercultura*. São Paulo: Editora 34, 1999. 264p. (Coleção TRANS).

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo,SP: EPU, 1986.

MACHADO, D. I.; SANTOS, P. L. V. A. da C. Avaliação da hiperímia no processo de ensino e aprendizagem da física: o caso da gravitação. *Ciência & educação*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 75-99, 2004.

MARICONDA, P. R. Inconformismo perene. Pesquisa FAPESP, São Paulo, n. 66, 2001. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=1383&bd=1&pg=2&lg>>. Acesso em: 17 junho 2008.

MARTINS, R. A. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. História e epistemologia da física na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno catarinense de ensino de física*, Florianópolis v. 12, n. 3: p. 164 – 214, dez. 1995.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e Limitações das simulações computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, junho. 2002.

MEDINA, M. N. Disponível em:

< [http://paginas.terra.com.br/educacao/cepambiental/hist\\_ea.html](http://paginas.terra.com.br/educacao/cepambiental/hist_ea.html).> Acesso em 17/04/2008.

MELO, A.C.S; PEDUZZI, L.O.Q. Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica. *Ciência e educação*, Campinas, v. 13, n. 1, p. 99-126, 2007.

MILLAR, R.; DRIVER, R. Beyond processes. *Studies in Science Education*. Driffield, v. 14, p.33-62, 1987.

MORAES, J. R. B. de. *O computador como ferramenta de aprendizagem*. 2003. 65 f. Monografia (Especialização em Informática na Educação) – laboratório de Estudos Cognitivos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santarém, 2003.

MORAN, J. M. *Mudanças na comunicação pessoal: gerenciamento integrado da comunicação pessoal, social e tecnológica*. São Paulo: Paulinas, 1998.

MORS, P. M.; TEODORO, V. D.; VEIT, E. A. Ilustrando a Segunda Lei de Newton no século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 176-184, junho. 2002.

NASCIMENTO, V. B. do. A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo : Pioneira Thomson Learning, 2004. p 35-57.

NEVES, M. C. D. A história da ciência no ensino de física. *Revista Ciência e educação*, 1998, 5 (1), 73 – 81.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). *Ensino de Ciências: O futuro em risco*. Série debates VI.UNESCO, 2005.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. Força no movimento de projéteis. Florianópolis. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 2, n.3: p.114-127, dez.1985.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In; PIETROCOLA, Maurício (Org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis, ed. UFSC, 2001.

PIMENTAL, E. C. B. *A física dos brinquedos: o brinquedo como recurso institucional no ensino da terceira lei de Newton*. 2007. 187f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - PPGEC, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

PISA 2006. Disponível em: < <http://www.inep.gov.br/internacional/pisa/Novo/>>. Acesso em 05de junho de 2008.

RAMAL, Andrea Cecilia. Ler e escrever na cultura digital. Disponível em:< <http://www.revistaconecta.com/destaque/edicao04.htm>>. Acesso em: 12 fevereiro 2008.

REZENDE, F. “Força & Movimento”: Um sistema hipermídia para facilitar a construção de conceitos de mecânica básica. In: IV Congresso RIBIE, Brasília 1998.

RINALDI, J. de S.; RINALDI, J. M.; FERREIRA, J. M.; de PAULO, S. R.Utilização do Computador como Instrumento de Ensino - uma Perspectiva de Aprendizagem Significativa. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, v. 22, n. 4, p. 517-522, 2000.

SANTOS, A. L. dos. Sedimentação de Sentidos ou Historicidade, do Texto ao Hipertexto. Disponível em: <<http://www.cce.ufsc.br/~alckmar/texto8.html>>. Acesso em: 15 de agosto 2007.

SILVA, M. *Sala de aula interativa*. Rio de Janeiro: Quartet. 2000

SILVA, P. R. da O Uso de Computador no Ensino de Física. Parte 1: Potencialidades e Uso Real. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, v. 17, n. 2, p.182, 1995.

SILVA; W. P., e SILVA C. M. D. P. S.; e SILVA, C. D. P. S.; SOARES, I. B.; e SILVA D. D. P. S. Apresentação do Software Educacional "Vest21 Mecânica". *Rev. Bras. Ens. Fis.*, v. 24, n. 2, p. 221-231, 2002.

SNYDER, ILANA. Hypertext. *The eletronic labyrinth*, New York University Press, 1997.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. Física para o Brasil: Pensando o Futuro. O desenvolvimento da física e sua inserção na vida social e econômica do país. Editores: Alaor Chaves e Ronald Cintra Shellard. São Paulo, 2005.

SOARES, D. A Globalização numa perspectiva sociocibernética, In: Revista Contracampo, nº 1. Mestrado da UFF, jul/dez/1997. Disponível em: <<http://www.uff.br/mestcii/cc2.htm>>. Acesso em: 20 de maio 2008.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, [S.l.], vol. 19, n. 1, p. 151-162, 2001.

SOUZA, A. F. A maior vantagem competitiva é a habilidade de aprender, 2003. Disponível em <<http://www.dimap.ufrn.br/~jair/piu/artigos/seymour.html>> Acesso em 13/08/2007.

TALIM, S.L. Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 141-153, ago. 1999.

TEODORO, V. D.; VEIT, E. A. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

TRINDADE, D. F. *O ponto de mutação no ensino das ciências*. São Paulo: Madras, 2005.

UNICAMP. Disponível em: < <http://www.unicamp.br/~hans/mh/arquitet.html> >. Acesso em: 20 novembro 2007.

VALENTE, J. A. (2001) *O uso inteligente do computador na educação*. Disponível em: <<http://www.diretoriadeitapevi.com.br/texto2.html> >. Acesso em: 05 jul. 2007.

VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. 1996. 131 f. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

VIANA, M. A. P. Internet na educação: novas formas de aprender, necessidades e competências no fazer pedagógico. In: MERCADO, L. P. L. (Org.). *Tendências na utilização das tecnologias da informação e comunicação na educação*. Maceió: EDUFAL, 2004. p. 11-50.

VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. *Ciência e educação*, Bauru, v.7, n. 2, p. 169-181, ago. 2001.

WERLANG, R. B. *O uso de novas tecnologias no ensino de física dos fluidos, aplicado em escolas técnicas*. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – IF, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2007.

WUO, Wagner. *A física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio*. São Paulo: Ed Puc/Fapesq, 2000.

YATES, Simeon J. 2000. Computer-Mediated Communication. The Future of the Letter? In: David BARTON & Nigel HALL (EDS.) 2000. *Letter Writing as a Social Practice*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins, pp. 233-251.

ZANETIC, J. Física e Cultura. *Ciencia e Cultura*, Campinas, n.3, 2005. Disponível em:< <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n3/a14v57n3.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2008.

ZIMMERMANN, E. *Teorias de Aprendizagem, a Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências*. Apostila de Ensino de Ciências, UFSC, 1992.

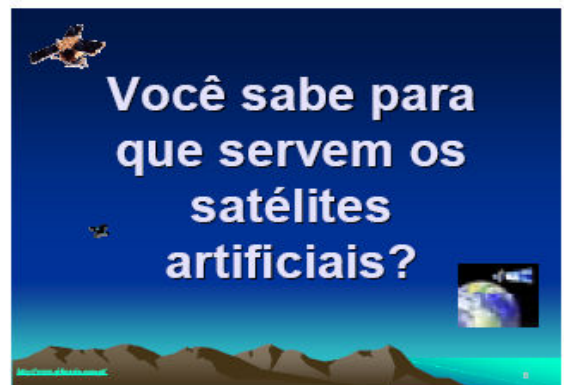
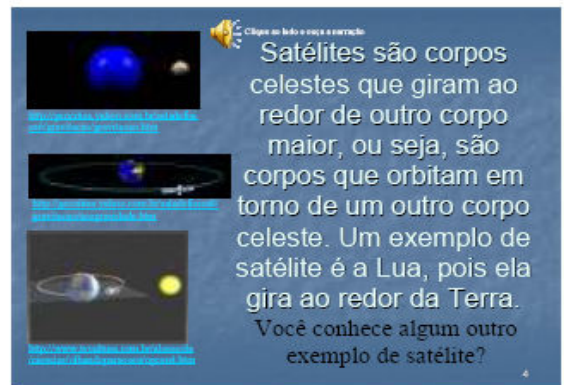
ZIMMERMANN, E. The interplay of pedagogical and science related issues in physics teachers' classroom activities. *Unpublished PhD thesis*. University of Reading, Reading, UK, 1997.

ZYLBERSZTAJN, A. – Concepções Espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e Implicações para o Ensino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 5, n. 2, p.3-16, dez. 1983.

## **ANEXO**



## Slides que compõem a Hiperímídia





Devido a suas funções, os satélites podem ser classificados como:

- Satélites Astronômicos
- de Comunicação
- Meteorológicos
- Militares
- de Navegação
- de Levantamento de Recursos Terrestres

### SATÉLITES ASTRONÔMICOS

OS SATÉLITES astronômicos fornecem informações sobre o espaço que não podem ser obtidas da Terra. Estudam o campo magnético da Terra, seus cinturões de radiação e o vento solar. Detectam a radiação de estrelas e galáxias distantes, incluindo raios gama e ultravioleta, raios X e radiação infravermelha. Com frequência, obtêm informações sobre objetos como **quasares**, **nuvens de gás invisíveis**, **buracos negros** e o resto de explosões de estrelas.

**PIONEER 4**  
Esse satélite forneceu dados valiosos sobre os níveis de radiação dos cinturões de Van Allen, em torno da Terra, em 1959.

**SATÉLITE DE INFRAVERMELHAS**  
O satélite IRAS foi lançado em 1983 para procurar fontes de radiação infravermelha.

Guarda-sol blindado durante  
Fórmula solar  
Antena

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM); Extraído de Filho, 2005

### Exemplos de Satélites Astronômicos

#### TELESCÓPIO ESPACIAL HUBBLE

Em 24 de Abril de 1990, o lançamento do Telescópio Espacial Hubble foi realizado em órbita a 600 km da Terra. O telescópio está a uma altura de 2,5 m de diâmetro. Telescópio, as imagens do Hubble não foram bem recebidas por um buraco no espelho no momento da instalação, agora, já foi consertado.

**Hubble**  
Telescópio espacial mais poderoso já lançado.

### SATÉLITES DE COMUNICAÇÕES

**SINAIS DO ESPAÇO**  
Os satélites podem enviar sinais diretamente ou através de outro satélite.

**QUASE TODOS** os satélites de comunicações ficam em **órbitas geoestacionárias**. Estações na superfície enviam sinais de telefone e TV para o satélite, que os retransmite para outras estações. Os satélites podem enviar sinais para um continente inteiro ou apenas para áreas determinadas. Satélites de transmissão enviam sinais de TV para antenas domésticas ou para aparelhos ligados por cabo a receptores maiores.

Satélite retransmite sinal  
Estação terrestre envia sinal  
Estações terrestres recebem sinal  
Satélite envia sinal para o solo

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM); Extraído de Filho, 2005

Fig. 1: Exemplo de aplicação de satélite de telecomunicação para comunicação ponto a ponto.

Como é impossível para as ondas de telecomunicação contornarem, por si só a curvatura da Terra, precisamos dos satélites para enviarmos e recebermos mensagens de longas distâncias.

### TelStar

A primeira transmissão de TV ocorreu no dia 11 de julho de 1962 entre os EUA e a França, através do satélite TelStar (Filho, 2005).

77 kg, 0,88cm de diâmetro



### SATÉLITES METEOROLÓGICOS

HÁ DOIS TIPOS DE satélites meteorológicos, os de **órbita geoestacionária**, que observam constantemente áreas de uma terça parte da Terra, e os de **órbita polar**, que conseguem cobrir toda a superfície uma vez a cada 12 horas. Os satélites meteorológicos medem temperaturas, registram velocidades do vento e movimentos das nuvens e fotografam nuvens de chuva, ajudando os **meteorologistas** a prever o tempo.

**FORMAÇÃO DE TEMPESTADES**  
Esta imagem de satélite mostra **tempestades sobre a Costa da Marfim, na África Ocidental.**

OBSERVANDO O TEMPO  
O satélite meteorológico russo Meteor fixa em órbita polar. O Meteosat, europeu, fica em órbita geoestacionária.

Órbita polar

Órbita geoestacionária

Meteor

Meteosat

Fonte: Enciclopédia de Espaço e do Universo (CD-ROM); Extrato de Filho, 2005.

Obtém-se uma animação de satélites em órbita geoestacionária e órbita polar.

Clique nos quadros acima e veja uma animação de satélites em órbita geoestacionária e órbita polar.

(Estado do. Pol. João Pinheiro de Souza (Gênesis 1 - AEB Brasil))

### Satélite Tiros

- É um satélite meteorológico.
- Objetiva testar e provar o uso de satélites para previsão de tempo.
- Foi desenvolvido pela NASA e lançado em 01/04/1960.
- Operou por 78 dias.
- Tinha 1 metro de diâmetro e 0,5 metro de altura.
- Sua massa era cerca de 120 kg.
- Estrutura feita de alumínio e aço inox.
- Coberto com 9200 células solares.
- Transmitiu 22.952 fotografias. (Filho, 2005)

19

### SATÉLITES MILITARES

SATÉLITES SÃO PLATAFORMAS ideais para missões de espionagem. Alguns levam câmeras poderosas para registrar posições militares e movimentos de tropas. **Satélites** de alerta antecipado procuram possíveis lançamentos de mísseis inimigos. Outros gravam comunicações. Os satélites espies, porém, podem ser atacados por mísseis lançados da terra ou por satélites assassinos, que destroem outros satélites com raio **laser** ou explodindo nas suas proximidades.

**Alerta**  
Satélites militares das EUA detectam mísseis inimigos a partir de órbitas geoestacionárias.

**Orientação**  
Os satélites ajudam a orientar bombardeiros na Guerra do Golfo Pérsico.

Fonte: Enciclopédia de Espaço e do Universo (CD-ROM); Extrato de Filho, 2005.

### Espionagem

Satélite Ikonos

Exemplo de aplicação militar de satélites. Foto: [spionagem.com](http://spionagem.com)

Foto tirada pelo satélite Ikonos II, em 22 agosto de 2000

21

Se você acha que os satélites espies só têm funções militares, leia a reportagem a seguir e descubra para que mais eles servem.

Satélites militares e civis circundam a órbita da Terra. <http://www.comissao.br/spionagem/analises/041.htm>

Satélite Ikonos, com espionagem civil e militar. <http://www.comissao.br/spionagem/analises/041.htm>

Imagens da floresta da Amazônia captada por satélite. <http://www.comissao.br/spionagem/analises/041.htm>

22

### De Saddam aos laranjais

Satélite usado no Iraque agora espiona plantação brasileira

de 30 milhões de habitantes, a maioria vivendo em áreas urbanas. O satélite foi usado para monitorar a produção de laranjais no Brasil. É o primeiro relatório que indica para quem o satélite foi usado para espionar a produção de laranjais no Brasil.

Fonte: O Globo, 31 de julho de 2003, extrato de Filho, 2005

(Exatidão de Filho, 2005)

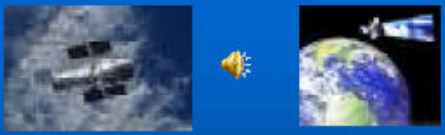




Na área das telecomunicações, os satélites são usados como retransmissores de imagens de TV (o que chamamos de imagens via satélite) para assistirmos "ao vivo", por exemplo, a copa do mundo de futebol, de maneira bem mais eficiente do que era feita antes da existência dos satélites.



[http://www.nasa.gov/hq/rdac/planetarycommunication/communications\\_02jan09/](http://www.nasa.gov/hq/rdac/planetarycommunication/communications_02jan09/)



Daqui por diante, sempre que falamos em satélites, estaremos nos referindo aos artificiais.



## OS SATÉLITES E SEUS SUBSISTEMAS



## Quais são as partes de um satélite?




**Satélite**  
 - Carcaça (Instrumentos, sensores, transmissores, etc.)  
 - Estrutura Mecânica  
 - Suprimento de Energia  
 - Controle de Atitude  
 - Gestão de Bordo  
 - Controle Térmico  
 - Telemetria, Telecomando e Rastreamento  
 - Propulsão

**Lançador**  
 - Foguete Lançador

FORTE: Satélites e Plataformas Espaciais - Dr. Patrício Norberto de Souza (Módulo 1 - AEB Escola)

## Estrutura de um satélite



Agora você vai ver uma simulação de um satélite, com suas diferentes partes, sendo colocado em órbita.



(Estúdio de Filha, 2005)

## Suprimento de Energia



**Energia Elétrica**  
 - Baterias  
 - Recirculação  
 - Painéis Solares  
 - "Pilhas" Nucleares

Bateria do Lançador 7

## Suprimento de Energia

- O suprimento de energia é o responsável pela geração, armazenamento, condicionamento e distribuição de energia elétrica para todos os subsistemas do satélite.
- Geralmente, neste suprimento a energia elétrica é obtida pela conversão de energia solar através dos painéis solares. A tecnologia de conversão de energia solar em energia elétrica teve grande avanço graças à necessidade de se suprir os satélites artificiais com energia. Essa tecnologia é também utilizada aqui na Terra com objetivo de aquecimento e obtenção de energia elétrica para residências.





satélite com painéis solares abertos (<http://www.cosmos.es/>)





painéis solares residenciais (<http://www.cosolar.es/>)


- Existem ainda outras formas de se obter energia tais como "pilhas nucleares" ou células combustíveis de hidrogênio.




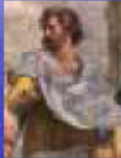
Agora precisamos saber como é que se colocam essas máquinas para girar em volta da Terra. Para isso, precisamos entender um pouco mais sobre a física que governa o movimento dos satélites.



41



Para começar a entender sobre a Física que governa o movimento dos satélites, abra o arquivo:  
**"2 – Como colocar um satélite em órbita – de Aristóteles a Kepler"**  
e confira!



42





## Você sabe como se coloca um satélite em órbita?



## Como se coloca um satélite em órbita?



- A ideia de se colocar um corpo orbitando a Terra já foi pensada há muito tempo por um homem chamado Isaac Newton.
- Para se colocar um satélite em órbita é necessário vencer o obstáculo da gravidade terrestre que nunca deixa de exercer sua influência e Newton sabia disso.



Acredito que todos já ouviram falar de Newton. Existe uma lenda de que ele postulou a Lei da Gravitação Universal nos anos da peste negra, no jardim de sua casa na cidade de Woolsthorpe, na Inglaterra, quando uma maçã lhe caiu sobre a cabeça.





Casa em que Newton viveu, em Woolsthorpe

<http://www.woolsthorpe.org.uk/>



- Sabam que os satélites artificiais que orbitam a Terra estão sujeitos às mesmas leis da Física que descrevem os movimentos dos outros corpos celestes.
- Para que se entendam essas leis seria interessante voltarmos um pouco mais no tempo, antes mesmo da época em que Newton viveu.
- Vamos, portanto, dar um passeio pela antiga Grécia, 300 anos antes de Cristo. Para isso tentemos responder à pergunta:

**Você realmente acredita que a Terra gira em torno do Sol? Mas o que nós vemos não é o contrário, o Sol girando em volta da Terra?**



O nascer e o pôr do sol

Isso não faz sentido se a Terra girasse em torno do Sol.

- Refleta mais um pouco: o Sol nasce de um lado da Terra e se põe do outro, o mesmo acontece com a Lua, as estrelas e com a maioria dos astros que vemos no céu.
- Pense e tente argumentar em favor da Terra girando ao redor do Sol. Você teria algum argumento convincente de que é a Terra que gira ao redor do Sol?


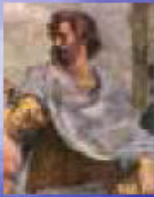


Foto de céu noturno com 30 minutos de exposição. Observe que, assim como o Sol e a Lua, as estrelas também descrevem um aparente movimento em torno da Terra.

<http://www.fotografias.com/fotografias/astro/astro01.htm>

## Aristóteles



- Aristóteles, filósofo Grego que viveu três séculos antes de Cristo, não concordava com a ideia de que a Terra gira ao redor do Sol.
- Este filósofo acreditava num Cosmo geocêntrico, ou seja, para ele a Terra ficava no centro do universo e todos os outros corpos celestes giravam ao redor dela, o que parece fechar com nossas observações diárias.
- O prefixo *geo* significa Terra, portanto Cosmo geocêntrico quer dizer a Terra no centro do universo.



**Cosmo Geocêntrico.**

<http://www.astro.ufrj.br/~cosmo/geocentrico.html>

## Visão de Mundo de Aristóteles



- Para Aristóteles, a matéria era constituída por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Cada um deles tinha o seu "lugar natural": a terra ficava no centro do universo coberta pela água que era mais leve; depois vinha o ar e finalmente o fogo, tudo em esferas ascendentes.
- O movimento denominado *natural* era devido ao retorno dos elementos aos seus lugares naturais. Portanto, os corpos pesados caíam, ao passo que bolhas de ar dentro da água subiam, assim como a fumaça subia, isso significava que tudo procurava seu "lugar natural".

### Por que a pedra cai e o fogo sobe?

Estou voltando para meu lugar natural!

Estou voltando para meu lugar natural!

Estou voltando para meu lugar natural!

Estou voltando para meu lugar natural!

Estou voltando para meu lugar natural!

Estou voltando para meu lugar natural!

Eu também!

### Visão de Mundo de Aristóteles

- Os outros movimentos, como por exemplo quando se levanta algo do chão, são "movimentos violentos", exigindo causa. Por isso que um carro de bois não poderia se movimentar sozinho, são necessários os bois para puxá-lo.
- Acima dos quatro elementos, existiam as esferas dos corpos celestes que eram de cristal e se movimentavam circularmente. Estas esferas eram serenas, harmoniosas e eternas.

Pode-se dizer então que, para Aristóteles existiam três tipos de movimento: natural, violento e perfeito que é o movimento circular dos astros celestes.

Esferas celestes de Aristóteles, feitas de cristal, com a Terra no centro. A partir da Terra as esferas eram as seguintes: esfera da Lua, de Mercúrio, de Vênus, de Sol, de Marte, de Júpiter, de Saturno e por último a esfera das Estrelas Fixas. Os planetas Netuno, Urano e Plutão, como não podem ser vistos a olho nu daqui da Terra, não eram conhecidos na época.

### Se os movimentos violentos exigiam uma causa, o que faria uma pedra continuar se movimentando mesmo depois de perder contato com a mão do lançador?

- Para Aristóteles a explicação era simples: Quando a pedra saía do ponto A para o ponto B, deixava de ocupar um espaço e ia para outro.
- O espaço da posição A não podia ficar vazio e o ar da posição B não tinha para onde ir.
- Nada mais natural que o ar da posição B migrasse para o da posição A e assim empurrasse a pedra.
- Desta forma, a causa da continuidade do movimento se devia ao ar que se deslocava da frente para trás da pedra e a empurrava.

O ar se movimenta para trás da pedra e a empurra. Para Aristóteles o ar, ao mesmo tempo movia e reiniciava o movimento.

### O que dizia Hiparco sobre o mesmo assunto?

- O astrônomo Hiparco de Nicéia (130 a.C.), discordando completamente de Aristóteles, explicava o movimento da pedra, após sair da mão do lançador, de forma completamente diferente.
- Para ele, este movimento se dá por meio de uma força transmitida à pedra pelo lançador.
- Esta força é absorvida pela pedra e vai acabando aos poucos, à medida que ela se movimenta (Peduzzi, 1998).

### Persistência do movimento após uma bola perder contato com o lançador, segundo Hiparco

A força transmitida na bola vai diminuindo... diminuindo... até... a bola para.

Uma pessoa jogando uma bola para rolar no chão.

Para Hiparco, a parada ocorre porque a força que o lançador transmitiu à bola acaba.

As ideias de Hiparco contribuíram para o surgimento da Teoria do *impetus*, na Idade Média.

### Voltando a falar de Aristóteles...



Segundo Aristóteles, a matéria (abaixo da esfera da Lua) era constituída por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Cada um deles tinha o seu "lugar natural".

Veja o que Aristóteles pensava a respeito da Terra e do Céu!

### Terra e Céu

A esfera da Lua divide o universo em duas regiões completamente diferentes, governadas por diferentes tipos de matéria e sujeitas a leis diferentes. A região terrestre ou mundo sublunar na qual vive o homem é imperfeita, sujeita a mudanças e variações. A região celeste ou mundo supralunar é eterna, imóvel e perfeita. As esferas celestes movem-se naturalmente e eternamente em círculos, ocupando sempre a mesma região do espaço.

Esfera da Lua

### O Universo das esferas concêntricas

- Primeiro motor (de origem divina)
- Esfera das estrelas fixas
- Esfera planetárias (inclui as esferas da Lua, do Sol e dos planetas)
- Esfera do fogo
- Esfera do ar
- Esfera da água
- Esfera da terra
- Mundo Sublunar
- Mundo Supralunar

### O Éter

Esfera da Lua

O modelo geocêntrico das esferas de cristal

- No mundo supralunar vigorava a perfeição, por isso este mundo não podia ser constituído dos mesmos quatro elementos que o mundo sublunar.
- Todos os corpos celestes eram feitos de Éter e o espaço entre eles era preenchido com esta substância perfeita.

Pitágoras

- Desde Pitágoras que o movimento circular era considerado perfeito.
- Em razão disso, o mundo foi chamado de Kosmos, palavra usada por Pitágoras.
- Essa palavra significa ao mesmo tempo ordem, correspondência e beleza.

Pitágoras

Polístoras Libet, de Aristóteles

- Como consequência da ideia de Kosmos, e como a Terra não era perfeitamente esférica (sendo portanto imperfeita), chegando até perto da Lua, havia mudança, morte e decomposição.
- Era uma visão de mundo coerente em que o homem era colocado no centro do universo e, apesar de todas nossas imperfeições, éramos o grande objeto da criação divina.

Aristóteles ensinando Alcinandro

### Coerência do sistema Aristotélico

- Por ter grande coerência quando pensamos em termos de senso comum, o Sistema Geocêntrico acabou sendo aceito por quase 2000 anos!
- Foi a partir de Aristóteles, que a Terra consolidou-se como o centro estático do universo e em torno dela giravam os planetas, fixos em imaginárias esferas giratórias de cristal.
- Até os dias de hoje, o Sistema Aristotélico é visto como um mundo romântico.

O modelo geocêntrico e as esferas giratórias de cristal

Vejam como é interessante a fala de um dos personagens da peça Arcádia produzida pela primeira vez em 13 de abril de 1993 por Tom Stoppard, que nela ridiculariza os historiadores e cientistas que tiraram a Terra do centro do universo:

### Trecho da peça Arcádia

Não há nenhuma pressa para Isaac Newton. Estávamos muito felizes com o cosmos de Aristóteles. Pessoalmente eu o preferia. Cinquenta e cinco esferas de cristal engrenadas numa máquina complicada de Deus é a minha ideia de um universo satisfatório. Eu não consigo pensar em algo mais trivial do que a velocidade da luz. Quarks, quasars – big bangs, buracos negros – quem se importa com essa merda?

Big Bang (certo)

Buraco negro (certo)

No entanto, o mundo aristotélico, no qual os planetas descreviam círculos em volta da Terra, não concordava com todas as observações.



Figura 1 - Diagrama Aristotélico. A Terra está no centro de três esferas. Os planetas planetários estão sobre as esferas externas. Logo abaixo, a Lua, sob Marte, Júpiter e Saturno, e os outros planetas e as estrelas.

[http://www.astro.ufsc.br/astro/objeto/010103\\_010500/0101030011/Arquivos/objeto0101030011.jpg](http://www.astro.ufsc.br/astro/objeto/010103_010500/0101030011/Arquivos/objeto0101030011.jpg)

### Muitas observações astronômicas não encontravam explicação na teoria geocêntrica


- Mesmo nos céus serenos do cosmos aristotélico havia alguns problemas.
- O Sol, a Lua e as estrelas executavam os seus movimentos de uma forma bastante fiel (na maior parte), mas um pequeno número de corpos proeminentes, chamados planetas (da palavra grega que significa "vagabundo"), não se comportava corretamente.
- Rever as posições destes corpos - em que ponto do céu apareceriam numa dada noite - era da responsabilidade profissional dos astrônomos.
- A informação tinha alguma importância para a agricultura, para a navegação e acima de tudo, para calcular os horóscopos num mundo profundamente imerso na astrologia. (Goodwin & Goodwin, 2002)




Cláudio Ptolomeu e o Espaço de Euclides

### Ptolomeu

- Então os astrônomos, para prever as posições dos astros no céu, usaram artifícios de adicionar trajetórias circulares que mais tarde foram calculadas e aperfeiçoadas por Cláudio Ptolomeu.
- Não se sabe ao certo em que período Ptolomeu viveu, mas com base nos dados astronômicos por ele coletados, concluiu-se que ele viveu entre 127 e 145 d.C.
- Seu livro, o *Almagesto*, foi o principal trabalho sobre astronomia da época.




Cláudio Ptolomeu  
<http://gigante.terra.br/m/br/educacao/diccionario/ptolomeu/ptolomeu.html>



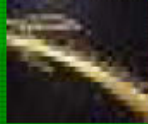
Reprodução do parte de Almagesto, de Cláudio Ptolomeu. O termo Almagesto é uma contração de Magister Synaxar (grande coleção).  
[http://www.ufsc.br/astro/objeto/010103\\_010500/0101030011/Arquivos/objeto0101030011.jpg](http://www.ufsc.br/astro/objeto/010103_010500/0101030011/Arquivos/objeto0101030011.jpg)

### Problema a ser resolvido por Ptolomeu

- Ptolomeu sabia que em determinado ponto de sua órbita, um planeta parecia parar, voltar, isto é, adquirir movimento retrógrado e depois se mover novamente na direção original.
- Isso mostrava um problema da Teoria Geocêntrica.



Trajectoria aparente de Marte em relação às estrelas fixas:  
<http://www.terra.com.br/educacao/diccionario/ptolomeu/ptolomeu.html>



Movimento Retrógrado visto da Terra, contra o céu estrelado  
<http://www.terra.com.br/educacao/diccionario/ptolomeu/ptolomeu.html>

O slide seguinte mostra o movimento retrógrado de um planeta observado da Terra por vários dias.

O planeta descreve, em alguns meses, este movimento que você acabou de ver.



- O físico e filósofo da ciência Thomas Kuhn chamou os problemas que certas teorias mostram de "anomalias".
- Esse filósofo, estudando a história da ciência, afirma que os cientistas resistem muito para mudar suas teorias.
- Geralmente, para que suas teorias não sejam mudadas, levantam hipóteses que "salvam as aparências", ou seja hipóteses que preservam a teoria.
- O que você acha que Ptolomeu fez para salvar sua teoria desta "anomalia"? Como "defender" o geocentrismo do "ataque" do movimento retrógrado?

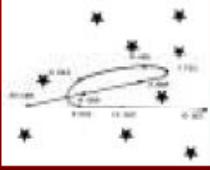



Movimento Retrógrado visto contra o céu estrelado  
<http://www.terra.com.br/educacao/diccionario/ptolomeu/ptolomeu.html>



Thomas Kuhn  
<http://www.terra.com.br/educacao/diccionario/ptolomeu/ptolomeu.html>

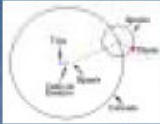
Ptolomeu socorreu a Teoria Geocêntrica, ou seja, salvou-a do problema do movimento retrógrado, com um artifício bastante engenhoso, como veremos.

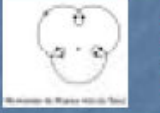


### O sistema de Ptolomeu

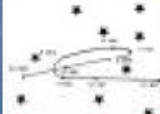
- Para salvar a teoria, Ptolomeu explicou esse fenômeno, aparentemente tão estranho, elaborando um sistema complicado, mas geometricamente plausível.
- Os planetas estariam fixos sobre esferas concêntricas de cristal.
- Ele postulou que cada planeta se move num círculo pequeno chamado de epiciclo, cujo centro se move ao redor da Terra, que é estacionária no centro do Universo.



<http://www.ufpb.br/revista/1000>



<http://www.ufpb.br/revista/1000>



Trajetória aparente de Marte em relação às estrelas fixas entre 10 setembro e 28 de abril, mostrando um movimento de regressão.

<http://www.ufpb.br/revista/1000>

33

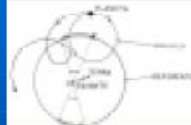


Simulação do movimento retrógrado no sistema geocêntrico. Observe a trajetória (em cor verde) do planeta vista da Terra, contra o fundo estrelado (Fonte: Web Syllabus, Dept. Physics & Astronomy, University of Toronto. <http://compt.phys.ubc.ca/astro1/f03/astroepiciclo.html>)


34

### Epíclo e Deferentes

- O deferente é um círculo imaginário que circundaria a Terra, e sobre cuja circunferência, segundo Ptolomeu, se moveria ou o corpo celeste (no caso da Lua e do Sol) ou o centro do seu epiciclo (como é o caso dos demais planetas).
- Assim, com seus epiciclos Ptolomeu conseguiu não só salvar o sistema Geocêntrico como também prever as posições dos planetas.




O sistema de epiciclos de Ptolomeu <http://www2.usj.br/~cic/curso/historia/epiciclo.htm>



Movimento retrógrado visto da Terra <http://www.ufpb.br/revista/1000>

35



O Sistema Ptolomaico com seus Epiciclos e Deferentes, explicando o movimento retrógrado dos planetas <http://www2.usj.br/~cic/curso/historia/epiciclo.htm>

38

### Figura feita por Ptolomeu



<http://www2.usj.br/~cic/curso/historia/epiciclo.htm>

37

É interessante observar que, apesar de não existirem telescópios, os astrônomos da antiguidade acertaram a ordem dos planetas, de Mercúrio a Saturno.

Observando a olho nu daqui da Terra, todos os planetas são pontos brilhantes no céu, semelhantes às estrelas, porém se movem em relação a elas e são mais brilhantes. Como foi possível acertar a ordem dos planetas se os antigos astrônomos não conseguiam distinguir visualmente um do outro?



Júpiter Marte

Tente identificar planetas na foto acima

- Observações acumuladas desde a Antiguidade mostram que todos os planetas possuem um movimento característico em relação às estrelas e que, de tempos em tempos, voltam às posições originais.
- Quanto mais tempo os planetas levam para voltar às posições de origem em relação às estrelas, mais longe se encontram da Terra.
- Foi a esta conclusão lógica que os antigos astrônomos chegaram e a partir daí, determinaram a ordem dos planetas, considerando um universo com a Terra (que não era considerada planeta) no centro.
- Veja um texto que expressa o pensamento dos antigos estudiosos do céu. Observe que antigamente não existia distinção entre astronomia e astrologia (Copérnico, 1990).






Círculo Zodiacal e Signos do Zodíaco <http://www2.usj.br/~cic/curso/historia/epiciclo.htm>

39

### O poder do modelo ptolomaico

- Se cientistas tentam salvar teorias que não tem nenhum apelo religioso, imaginem uma teoria como a geocêntrica.
- O geocentrismo, pode-se dizer, virou dogma, pois a Igreja baseava-se nele, e atuava de forma feroz contra qualquer conceito contrário a esta teoria.
- Como já mencionado o Sistema Ptolomaico era difícil de ser derrubado por seu apelo religioso e, assim ele foi aceito até a Renascença, ou seja, por volta do fim do século XIV.

40


### Copérnico



O monge Nicolaus Copérnico (1473 – 1543) acreditava num sistema heliocêntrico, ou seja, com o Sol no centro do universo. <http://www.observatorio.usp.br/pt-br/observatorio-usp/observatorio-usp/observatorio-usp>

- Você deve se lembrar que a Renascença foi uma época de avanço revolucionário da cultura.
- Mentira, quando do pintor renascentista Leonardo Da Vinci <http://www.observatorio.usp.br/pt-br/observatorio-usp/observatorio-usp/observatorio-usp>
- Foi durante essa época efervescente que viveu o médico monge Nicolau Copérnico.
- Nesse contexto renascentista ele, observando o céu percebeu que os planetas pareciam estranhamente aumentar de tamanho.
- Isso parecia um absurdo já que os corpos celestes orbitavam a Terra em círculos perfeitos, como afirmava Aristóteles.

41




Copérnico <http://www.observatorio.usp.br/pt-br/observatorio-usp/observatorio-usp/observatorio-usp>

Livro de Copérnico: *De Revolutionibus*, Nürnberg, 1543. <http://www.observatorio.usp.br/pt-br/observatorio-usp/observatorio-usp/observatorio-usp>

- Copérnico começou a fazer mais observações e a estudar com mais profundidade os escritos de Aristóteles e Ptolomeu e chegou a conclusão de que o Sistema Geocêntrico apresentava problemas sem soluções.
- Após detalhados estudos, Copérnico deduziu que para fechar seus cálculos a Terra tinha que executar um movimento completo em torno dela mesma.
- Isso explicaria o movimento do Sol e das Estrelas, produzindo o dia e a noite.
- Novos cálculos o levaram a atribuir à volta da Terra ao redor do Sol, o movimento anual.

42

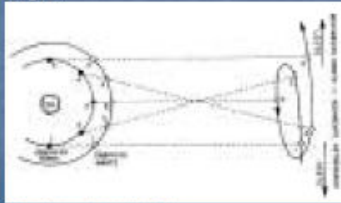
### Você sabe como o sistema heliocêntrico de Copérnico explicava o movimento retrógrado dos planetas?



Caso não saiba, descobrirá nos próximos slides.

43

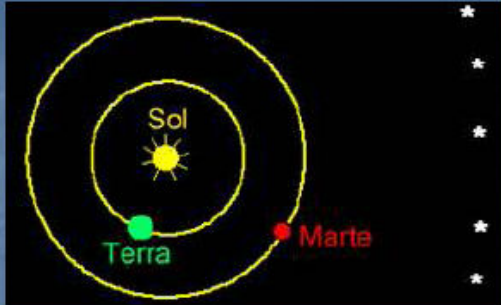
- Para um Sistema Heliocêntrico, a explicação do movimento retrógrado é simples.
- Vamos entendê-lo através do exemplo do movimento retrógrado de Marte visto da Terra.
- Como Marte gira em torno do Sol mais lentamente que a Terra, na passagem de nosso planeta perto de Marte, observamos daqui o planeta vermelho indo, voltando e seguindo na direção original.



Movimento aparente do planeta Marte. <http://www.observatorio.usp.br/pt-br/observatorio-usp/observatorio-usp/observatorio-usp>

Veja no próximo slide uma animação do aparente ir e vir de Marte, no modelo heliocêntrico.

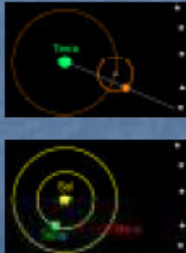
44



Simulação do movimento retrógrado no sistema heliocêntrico. <http://www.observatorio.usp.br/pt-br/observatorio-usp/observatorio-usp/observatorio-usp>, extraído de <http://astro.it.usp.br/~lsp/1991.htm>

45

### Veja a diferença entre as explicações do movimento retrógrado de Marte, no modelo ptolomaico (geocêntrico) e no modelo copernicano (heliocêntrico).



Marte girando em volta da Terra – sistema geocêntrico

Terra e Marte girando em torno do Sol – sistema heliocêntrico

46

### No caso dos planetas interiores, como Vênus, a explicação é semelhante.



Posição aparente

Planeta interior

Terra

47

- Sabendo que causaria uma grande polêmica teológico-cosmológica sobre a compatibilidade de sua teoria com a Bíblia, Copérnico resolve apresentar sua teoria como uma mera hipótese – temia as condenações por heresia, coisa bem comum naquela época.
- Sendo prudente resolveu apresentar sua teoria heliocêntrica somente a um pequeno grupo de astrônomos, num manuscrito chamado *Commentariolus*, ou Pequenos Comentários.



<http://www.observatorio.usp.br/pt-br/observatorio-usp/observatorio-usp/observatorio-usp>

48



- Somente quando estava às portas da morte, Copérnico permitiu que George Joaquim Rhaticus, seu discípulo, publicasse seu livro chamado "De revolutionibus".
- Assim, em 1543, quando jazia no leito de morte, o dérgico polaco Nicolau Copérnico viu os primeiros exemplares do seu livro. Adiarda deliberadamente a sua publicação para não ter de enfrentar as conseqüências.
- O prefácio do livro foi escrito por um amigo seu chamado Osiander que sabia que o livro causaria grande barulho e, portanto, escreveu:



De revolutionibus  
[http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html](http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio/observatorio.html)

De revolutionibus  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

40

O livro de Copérnico representava muito mais do que derrubar o Sistema Geocêntrico, ele era a dissolução do cosmo aristotélico-ptolomaico.

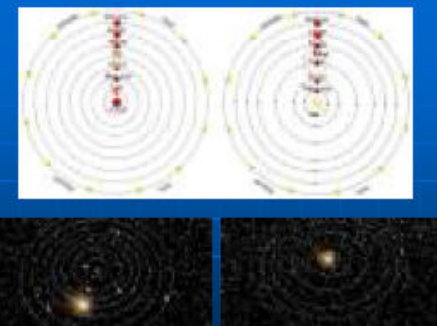


Copérnico  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>



Copérnico nasceu e viveu desde seu nº 15 e nº 17 na cidadezinha de Torun, à margem do rio Vístula, Polónia.  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>


50



Modelo Geocéntrico e Heliocéntrico  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

41

- Muitos afirmam que, embora Copérnico tenha rompido com a idéia de universo dominante da época, ele acabava se voltando para idéias aristotélicas.
- Thomas Kuhn, por exemplo, afirma que "é exatamente na ruptura que Copérnico mostra mais claramente sua dependência com relação à tradição".
- Arthur Koestler, em seu livro *Os Sonâmbulos*, declara que "Copérnico esforçou-se ao máximo para encaixar o movimento da Terra dentro de uma estrutura baseada na física aristotélica".
- Mesmo assim, podemos afirmar que Copérnico iniciou uma grande revolução. Depois dele:




Sistema de Copérnico  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

52

### Sobre ombros de gigantes

- Foram esses três homens, junto com Newton, que possibilitaram a ida do homem à Lua.
- Saibam que o homem pousou na Lua usando as equações de Newton, nem mesmo as correções de Einstein foram usadas, e que, sem dúvida, essas equações são conseqüência dos estudos de Brahe, Kepler e Galileu.
- Newton, mesmo sendo um homem muito prepotente, acaba reconhecendo seus antecessores, Kepler e Galileu, em uma frase que ficou famosa: *"Se pude ver mais longe é porque estava nos ombros de dois gigantes"*.
- Ele não cita Tycho Brahe (1546-1601), mas é necessário que vocês saibam que, se não fosse a paciência deste último, os trabalhos de Kepler não teriam sido realizados.



Tycho Brahe - Fonte:  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

Kepler - Fonte:  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

Galileu - Fonte:  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

53

### Tycho Brahe

- A crescente controvérsia entre a teoria geocêntrica e a teoria de Copérnico estimulou muitos a coletar dados mais precisos do universo.
- Foram as observações e cálculos de Tycho Brahe, nascido três anos depois da morte de Copérnico, que levaram Kepler a formular suas três leis como veremos.
- Tycho Brahe era um homem surpreendente. Seus interesses incluíam, além da astronomia e da filosofia, a alquimia e a astrologia.



Tycho Brahe (1546 - 1601)  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

54

- Ainda jovem, as observações amadoras de Tycho o levaram a assistir a um eclipse total do Sol que havia sido previsto para o dia 21 de agosto de 1560.
- Para espanto de Brahe, que ainda era rapaz, a previsão se cumpriu em outubro, portanto com atraso. Este fato o levou, depois de ter estudado direito, a estudar astronomia.



Foto de eclipse total do Sol ocorrido em 26 de fevereiro de 1999  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

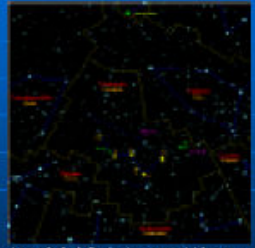
Eclipse (era de verão). O eclipse ocorreu todos os anos durante algum tempo no planeta da relação da Lua em volta da Terra e da Terra em torno do Sol isto diferem.  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

O Sol sendo escurto pelo motivo da Lua, visto da Terra

55

### A estrela nova

- Tycho Brahe montou seu próprio observatório e foi lá que a 1 de novembro de 1572, na constelação da Cassiopeia, descobriu a *stella nova* (estrela nova), uma estrela que ninguém ainda observara.
- Assim, o princípio da imutabilidade de Aristóteles cai por terra e a Igreja é ofendida.
- No entanto, é a partir dessa descoberta que Brahe começa a ser conhecido como astrônomo e consegue proteção do Rei Frederico II da Dinamarca, que lhe financia a construção de um observatório.



A constelação de Cassiopeia e as suas estrelas.  
<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/observatorio.html>

56



## Uraniborg

- Nesse observatório, foram construídos instrumentos de medição gigantescos.
- Tycho chamou o lugar Uraniborg, de Urânia, a musa da astronomia. Iniciado em 1576, funcionou até 1597.
- Poucos anos depois, em 1610, a invenção do telescópio poria fim à astronomia a olho nu. (Goodstein & Goodstein, 2002)



Quadrante usado por Tycho Brahe  
<http://www.flickr.com/photos/313022017/>



Observatório de Uraniborg, que Tycho Brahe construiu em 1576 na ilha de Hven, com calçado e suporte fixado no do Rei Frederico da Dinamarca  
<http://www.observatorio.com.br/observatorio/observatorio-tycho-brahe>



Uraniborg  
<http://www.observatorio.com.br/observatorio/observatorio-tycho-brahe>

57

## Instrumentos usados por Brahe

- Só para que vocês tenham uma idéia de como eram feitas as medidas de Brahe apresentaremos aqui um sextante.
- Naquela época, para medir os ângulos entre horizonte e altura em que se encontrava o astro, usava-se este instrumento.
- A ilustração 1 mostra um sextante, enquanto que a ilustração 2 o mostra esquematicamente.



Ilustração 1 - Sextante.



Ilustração 2 - partes do sextante.

<http://www.hofirk.com/brahe/observatorio/tycho/tycho.html>

58

- A Luneta fica apontada para o espelho pequeno, que é fixo no quadro do aparelho.
- Este espelho tem uma metade espelhada e outra transparente.
- Pela parte transparente, o navegador pode avistar o horizonte diretamente e a parte espelhada reflete a imagem que vem do espelho grande.
- O espelho grande é móvel e gira juntamente com o braço do sextante.
- Fazendo isso, variamos o ângulo entre os espelhos pequeno e o grande.
- O astro é avistado através da reflexão no espelho grande.
- A altura do astro é medida na Escala que fica na parte mais baixa do sextante.



Ilustração 1 - Sextante.





Ilustração 2 - partes do sextante.

59

## A precisão das observações de Brahe

- Não existiam telescópios para as primeiras observações e Tycho usou um compasso e uma esfera absolutamente rudimentares.
- Mesmo com esses instrumentos, durante a passagem de Vênus próxima a Saturno, ele verificou que as previsões feitas com os cálculos de Ptolomeu levavam a um erro de um mês e, usando os de Copérnico, o erro caía para alguns dias.
- Esta descoberta o levou a realizar mais e melhores observações, percebendo a necessidade de se aperfeiçoar seus instrumentos e técnicas de observação.
- Brahe fez a maioria de suas medidas e conseguiu pacientemente catalogar um bom número de astros, apesar de ter um talento matemático um tanto restrito.

60

## O modelo de universo de Brahe

- Apesar de reconhecer as limitações do modelo geocêntrico, Tycho Brahe ainda acreditava que a Terra ocupava o centro do universo.
- Como o modelo de Ptolomeu não alcançava a precisão desejada, Brahe criou seu próprio modelo.




Sistema Tychoônico, uma combinação dos sistemas Ptolomeico e Copernicano. A Lua e o Sol giram ao redor da Terra; Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno giram ao redor do Sol e da Terra.  
<http://www2.usg.edu/observatorio/observatorio/tycho.html>

61

## Aí veio Kepler


- Surge então um homem que irá ajudar Brahe, um homem de grande talento matemático, Johannes Kepler.
- De pequena estatura, saúde delicada e pobre, a inteligência penetrante de Kepler possibilitou-lhe ganhar uma bolsa de estudos que lhe permitiu frequentar a Universidade.



Johannes Kepler (1571 - 1630) - Fonte: <http://www.observatorio.com.br/observatorio/observatorio/tycho.html>

62

Kepler imaginou um modelo do universo de seis esferas invisíveis para regular as órbitas dos seis planetas conhecidos.




*Esfera de Saturno: Cubo*  
*Esfera de Júpiter: Tetraedro*  
*Esfera de Marte: Dodecaedro*  
*Esfera da Terra: Icosaedro*  
*Esfera de Vênus: Octaedro*

<http://www.observatorio.com.br/observatorio/observatorio/tycho.html>

63

## O que passava pela cabeça do Kepler em suas aulas?



- Segundo a lenda, um dia, no verão de 1595, Kepler dava uma lição de geometria a uma turma de adolescentes aborrecidos, mas a sua mente esquadrihava os dados das tabelas astronômicas de Copérnico, a paixão de toda a sua vida.
- Inescrivendo círculos no interior e no exterior de um triângulo equilátero, compreendeu subitamente que a razão dos diâmetros dos dois círculos (o diâmetro do exterior tem exatamente o dobro do tamanho do diâmetro do interior) era praticamente a razão dos diâmetros das órbitas de Júpiter e de Saturno.

64









Sempre guiado pela busca da harmonia, Kepler trabalhou 10 anos para apresentar a sua Terceira Lei em que afirmava: *"A razão entre o quadrado do período de translação ( $T^2$ ) e o cubo do raio médio da órbita ( $R^3$ ) é constante."*




PLANETA	T (a)	T (ano)	$T^2/R^3$
MERCÚRIO	$7,6 \cdot 10^7$	$5,78 \cdot 10^{-2}$	$2,99 \cdot 10^{-18}$
VENUS	$1,94 \cdot 10^8$	$1,98 \cdot 10^{-1}$	$2,99 \cdot 10^{-18}$
TERRE	$3,16 \cdot 10^8$	$1,49 \cdot 10^0$	$3,02 \cdot 10^{-18}$
MARS	$5,94 \cdot 10^8$	$2,28 \cdot 10^0$	$2,99 \cdot 10^{-18}$
JUPITER	$3,74 \cdot 10^9$	$7,78 \cdot 10^0$	$2,97 \cdot 10^{-18}$
SATURNO	$9,30 \cdot 10^9$	$1,42 \cdot 10^1$	$3,02 \cdot 10^{-18}$
URANUS	$2,86 \cdot 10^{10}$	$2,87 \cdot 10^1$	$2,99 \cdot 10^{-18}$
NEPTUNE	$5,20 \cdot 10^{10}$	$4,50 \cdot 10^1$	$2,97 \cdot 10^{-18}$

É constante para todos os planetas a razão  $T^2/R^3$ . Na terceira coluna numérica, podemos observar que temos sempre o mesmo valor para  $T^2/R^3$ , desconsiderando os pequenos erros experimentais. Lembre-se que estamos lidando com escalas astronômicas.

81

## Harmonia do Mundo

- Em 1619, Kepler publica outro livro, Harmonia do Mundo, no qual enuncia a sua Terceira Lei que compara as órbitas dos planetas.
- Estas Três Leis são o maior legado de Kepler. Elas tiraram definitivamente a Terra do centro do universo.
- Porém prestem atenção que essas elipses tem pequena excentricidade, ou seja, são quase círculos.
- Atentem para o fato de que essas Leis não descrevem somente o movimento dos planetas ao redor do Sol, elas descrevem o movimento de qualquer corpo no universo orbitando outro.
- Isso é muito importante para nós que queremos colocar um satélite em órbita ao redor da Terra.






<http://www.cafepia.br/objeto/kepler.htm>


82

## Três Leis de Kepler


**Primeira Lei:** Um planeta se move descrevendo uma órbita elíptica tendo o Sol como um dos focos.



**Segunda Lei:** A linha que liga o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.



**Terceira Lei:** A razão entre o quadrado do período de translação ( $T^2$ ) e o cubo do raio médio da órbita ( $R^3$ ) é constante.



83

- As duas primeiras leis descrevem o movimento de um único planeta na sua órbita, enquanto que a Terceira compara as órbitas dos planetas.
- Kepler, levando em conta os dados de Brahe, calculou os períodos de translações dos planetas, conhecidos naquela época (de Mercúrio a Saturno), em termos do período de translação da Terra.
- Calculou, também, para estes mesmos planetas, suas distâncias médias ao Sol, em termos da distância média da Terra ao Sol.
- Na verdade foi com esses valores que ele postulou sua Terceira Lei.




Só muito tempo depois do morte de Kepler que a humanidade passou a saber da existência dos planetas Urano, Netuno e Plutão.

<http://www.cafepia.com.br/objeto/kepler.htm>

84




No início, pensávamos que a Terra fosse plana.

Site: <http://www.demonstracoes.org.br/pa/35.htm>

85

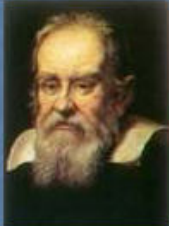
Continuemos a galgar pela história da ciência. Ela nos mostra que, ao mesmo tempo em que Kepler trabalhava em Praga para mostrar que a Terra não era o centro do universo, na Itália, outro homem também trabalhava no mesmo problema: Galileu Galilei.



Abra o arquivo: "3 - Como colocar um satélite em órbita - Galileu" e aprenda coisas interessantes!

88

## Galileu Galilei





(1564-1642)

Galileu nasceu em Pisa em 1564, era filho de um músico, Vincenzo Galilei. Estudou matemática e arranjou um lugar como professor em sua cidade natal.

## O pêndulo e a queda dos corpos


Enquanto professor de matemática, Galileu:

- descobriu a lei do pêndulo (um pêndulo leva sempre o mesmo tempo para completar um ciclo, independentemente do tamanho do arco descrito)
- descobriu a lei da queda dos corpos (todos os corpos, independentemente da sua massa, caem com a mesma aceleração no vácuo)
- fez uma série de experiências de dinâmica com bolas e planos inclinados que levaram a nada menos do que a invenção da ciência experimental como hoje a conhecemos.





Galileu observa a oscilação de um lanterna na catedral de Pisa

Fonte: [www.comciencia.org](http://www.comciencia.org)



Galileu Galilei




Torre de Pisa - Itália

<http://www.galileo.usg.edu>  
<http://www.photonet.com/pt/pt/pt.htm>  
<http://www.photonet.com/pt/pt/pt.htm>


- Acredita-se que desde muito cedo, Galileu tenha optado pelo sistema copernicano, no entanto, com medo de parecer ridículo por acreditar que a Terra não fosse o centro do universo, manteve guardada consigo essa escolha.
- Assim como Kepler, Galileu era um talentoso matemático.
- Ele chegou a conhecer as leis de Kepler, no entanto, estranhamente nunca as reconheceu e muito menos as adotou.
- Galileu e Kepler chegaram a se corresponder e em uma dessas cartas (para agradecer a Kepler por ter lhe enviado uma cópia do seu livro *Mysterium cosmographicum*) afirmou: "na verdade congratulo-me por ter no estudo da Verdade um companheiro que é amigo da Verdade".
- Dizem os historiadores de Galileu que a palavra "verdade" com letra maiúscula era uma menção a Copérnico.

*"Quando tivermos dominado a arte do voo, não haverá com certeza falta de pioneiros humanos para a viagem ao espaço. Criemos navios e velas adequadas ao éter celeste e haverá inúmera gente sem medo dos desertos vazios. Enquanto isso, preparemos, para os bravos viajantes, mapas dos corpos celestes. É o que farei para a Lua e vós, Galileu, para Júpiter."*

*Carta, datada de 19 de abril de 1610, de Johannes Kepler para Galileu Galilei*



Kepler  
(1571-1630)




Galileu  
(1564-1642)

Extraído de: Filho, 2005

## O problema de Galileu para defender o heliocentrismo

- Racionemos junto com Galileu, façamos uma experiência de pensamento.
- Larguemos uma pedra do alto da torre de Pisa, como conta a lenda que Galileu tenha feito.
- Você concorda que a pedra cairá ao chão na base da torre, descrevendo uma trajetória reta, na vertical?
- No entanto, se você acredita na tese copernicana de que a Terra gira sobre seu eixo, enquanto a pedra cai a Terra se deslocará.
- A pedra cairá, então, afastada da base da torre.



Torre de Pisa, Itália

<http://www.galileo.usg.edu>  
<http://www.photonet.com/pt/pt/pt.htm>  
<http://www.photonet.com/pt/pt/pt.htm>

## O problema de Galileu para defender o heliocentrismo

- Suponham que a pedra leva dois minutos para chegar ao solo.
- Com a velocidade da Terra, a torre se afasta da pedra 800m (!) enquanto ela cai.
- Por outro lado, você sabe que a pedra irá cair num local exatamente abaixo de sua mão, e não 800m atrás.
- Como Galileu acreditava no sistema copernicano ele tinha que argumentar mostrando que apesar da Terra se mover, a pedra cairia na base da torre.
- Para isso ele tinha que elaborar uma teoria convincente sobre a queda dos corpos.



Retrato de Galileu aos 42 anos, por Domenico Fieschi

Fonte: A Ilha de Galileu: um retrato biográfico de ciência, de e arte - Dora Sobral, p. 38

## Galileu e a queda dos corpos

- Na verdade, Galileu não tinha como estudar os corpos em queda por esses caírem muito rapidamente.
- Foi através do uso dos famosos planos inclinados que Galileu reduziu a velocidade dos movimentos.
- Ao invés de realizar experiências com objetos em queda na vertical, ele fez esferas de metal rolar sobre planos inclinados e muito lisos para minimizar o atrito.



Desenho ilustrativo, semelhante ao plano inclinado de Galileu

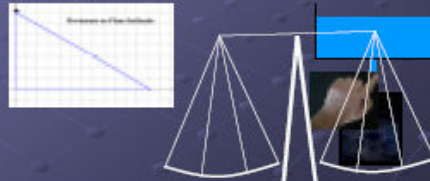
<http://www.fisica.ufscar.br/~fisica/aulas/aula04/aula04.htm>



<http://www.gutenberg.org/files/10100/10100-h/10100-h.htm>

## Galileu e a queda dos corpos

- Experimentou muitas esquemas para medir com precisão o tempo gasto pelas bolas na queda.
- O melhor destes engenhos foi uma espécie de cronômetro de água.
- A água circulava através de um tubo - que ele podia abrir e fechar com o dedo - para um segundo recipiente enquanto a bola rolava.
- Seguidamente, pesava a água que tinha escorrido; o peso da água deveria ser proporcional ao tempo decorrido.




Fonte: <http://www.fisica.ufscar.br/~fisica/aulas/aula04/aula04.htm>




### Galileu e a queda dos corpos

- Reproduções modernas das experiências com plano inclinado mostraram que, com a prática, ele podia através do relógio de água, conseguir uma precisão da ordem dos dois décimos de segundo.
- Galileu chegou a uma conclusão importante com essa experiência:
- Como ele já havia previsto antes de realizar o experimento, a distância percorrida pela bola no plano inclinado, era proporcional ao quadrado do tempo, ou seja, no dobro do tempo, a bola percorre uma distância quatro (2<sup>2</sup>) vezes maior, no triplo do tempo, nove vezes (3<sup>2</sup>) maior, no quádruplo, dezesseis (4<sup>2</sup>) vezes ...



t (tempo medido em uma unidade qualquer)  
d (distância em uma unidade qualquer)



10 cm

- Foi usando a técnica experimental do plano inclinado que Galileu chegou à lei da queda livre.
- Ele percebeu que o resultado para a queda dos corpos em um plano era o mesmo não importando qual a inclinação deste.
- E aqui é que pouca sua genialidade matemática, ele assumiu que isso acontecia mesmo quando o ângulo de inclinação do plano fosse 90°, ou seja, se o plano fosse vertical, isso significa uma queda livre!

Há mais de 400 anos, a vida no litúrgico era muito diferente da atual. Os livros eram raros e muito caros, geralmente escritos em latim, a língua dos sábios e da Igreja. A ciência, de modo geral, era compreendida pelo povo quase desconhecida.

[http://www2.uol.com.br/leitura/leitura\\_galileo](http://www2.uol.com.br/leitura/leitura_galileo)



- Galileu derrubou ainda outra sólida concepção aristotélica de mundo ao imaginar que o corpo em queda caía no vácuo.
- Os aristotélicos não admitiam o "nada", ou seja, o vácuo era inconcebível.
- Portanto, Galileu mostrou, diferentemente do que os aristotélicos afirmavam que a queda de um corpo não dependia do seu peso, pois era a resistência com o ar que fazia com que corpos mais leves levassem mais tempo para cair do que os mais pesados.

### SATURNO, HOJE

Eu queria agradecer-te, Galileu, a inteligência das coisas que me deste. Eu, e quantos milhões de homens como eu a quem tu esclareceste, ia jurar - que disparate, Galileu! - e jurava a pés juntos e apostava a cabeça sem a menor hesitação - que os corpos caem tanto mais depressa quanto mais pesados são.

### OS DESENHOS DE GALILEU

Antônio Gedeão

O poema completo pode ser encontrado no site [http://www2.uol.com.br/leitura/leitura\\_galileo](http://www2.uol.com.br/leitura/leitura_galileo)



### Os antecessores de Galileu

- Galileu se apoiou muito na descrição do movimento dos físicos medievais para desenvolver a teoria da queda dos corpos.
- Um físico, matemático e filósofo que muito influenciou Galileu foi o francês Nicole Oresme.



Nicole Oresme  
Físico, matemático e filósofo francês.  
[http://www2.uol.com.br/leitura/leitura\\_galileo](http://www2.uol.com.br/leitura/leitura_galileo)

### Os antecessores de Galileu

- Oresme usou a geometria para fazer uma dedução que foi fundamental para Galileu:
- Se um móvel com aceleração constante ( $\neq 0$ ) desloca-se num certo tempo, sua velocidade média é a média aritmética entre a máxima e a mínima velocidade alcançada por ele.
- Este móvel percorreria a mesma distância (no mesmo intervalo de tempo) se estivesse com velocidade constante igual a esta média aritmética.



A área inferior do gráfico velocidade X tempo é numericamente igual à distância percorrida.


A área do retângulo equivale à distância percorrida por um móvel que possui velocidade constante.

A área do triângulo corresponde à distância percorrida por um móvel em movimento uniformemente acelerado com velocidade média numericamente igual à velocidade constante do móvel anterior.

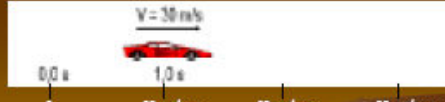
*As áreas do triângulo e do retângulo são iguais. Isso quer dizer que ambos os móveis percorrem a mesma distância.*

### Segundo Galileu:

- o movimento mais simples é o uniforme, no qual um corpo percorre distâncias iguais em tempos iguais.
- o movimento uniformemente variado (que possui aceleração constante), no qual o corpo aumenta ou diminui sua velocidade em quantidades iguais em tempos iguais, é o mais simples dos movimentos acelerados.
- a natureza funciona de forma simples, portanto, se um corpo em queda faz parte da natureza, ele cai aceleradamente da forma mais simples, ou seja, com aceleração constante (Cohen, 1967).



[http://www2.uol.com.br/leitura/leitura\\_galileo](http://www2.uol.com.br/leitura/leitura_galileo)




$V = 30 \text{ m/s}$

0 30 metros 60 metros 90 metros

0 0 s 1 0 s

Movimento uniforme: a velocidade é constante e o móvel percorre distâncias iguais em tempos iguais. A distância percorrida é proporcional ao tempo de viagem.



$V = 0$   $V = 4 \text{ m/s}$   $V = 8 \text{ m/s}$   $V = 12 \text{ m/s}$

0 0 s 1 0 s 2 0 s 3 0 s

0 2 metros 8 metros 18 metros

Movimento uniformemente variado: a velocidade varia de quantidades iguais em tempos iguais. A velocidade é proporcional ao tempo e o espaço percorrido é proporcional ao quadrado do tempo.



**Torre de Pisa – Itália**  
<http://www.torredelapisa.it/it/visita/visita.html>  
<http://www.torredelapisa.it/it/visita/visita.html>

- Galileu percebeu que se uma bola descer um plano sem atrito de uma certa altura, esta tenderia a subir um outro plano à mesma altura.
- Se o segundo plano tivesse grande inclinação, a bola percorreria uma distância pequena, antes de parar.
- A bola percorreria uma distância maior antes de parada se o plano tivesse uma inclinação menor, atingindo, no entanto, uma altura sempre igual à original da saída.
- Atentem para a genialidade de Galileu que imaginou que se o segundo plano fosse horizontal a bola jamais pararia, já que nunca atingiria a altura inicial.
- Essas experiências levaram a Lei da Inércia e ao Princípio da Conservação da Energia que vigoram até os dias de hoje.




As bolas rolam na superfície sem atrito e atingem a mesma altura que estavam, independentemente da inclinação dos planos.

- A idéia do movimento horizontal se manter, rompe definitivamente com a concepção aristotélica que todos os movimentos exigem uma causa.
- Se um corpo tem a tendência de manter seu movimento, a pedra caindo da torre continuará se movimentando junto com a Terra.
- A Terra e todos os objetos em sua superfície estão em movimento de rotação.



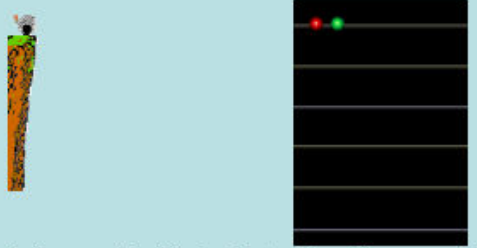
<http://www.geocities.yahoo.com.br/salvadeFisica6/cinematica/horizontal.htm>

- O estado natural de tudo que se encontra na Terra é manter o movimento.
- Isto significa que nós, em relação a um astronauta que pudesse estar parado (em relação à Terra) já fora no universo, estamos nos movendo junto com a Terra.
- Isto quer dizer que nós, a pedra e a torre nos movemos juntos.
- Portanto, para nós aqui na Terra é como se tudo estivesse parado.



**Avião soltando um pacote**

- Galileu não conhecia aviões, mas hoje em dia qualquer um sabe que quando um pacote é solto no ar de um avião, continua se deslocando para frente com a velocidade do avião (se desprezarmos a ação do ar).
- Devido ao fato da força da gravidade atrair o pacote, ele também vai para baixo.
- Juntando os dois movimentos, para frente e para baixo, o pacote acaba descrevendo uma trajetória parabólica, como na figura acima.



Quando um corpo é lançado horizontalmente no vácuo, ele descreve, em relação à Terra, uma trajetória parabólica. Esse movimento pode ser considerado como o resultado da composição de dois movimentos simultâneos e independentes: Um movimento vertical, uniformemente variado, sob a ação exclusiva da gravidade. E um movimento horizontal uniforme, pois não existe aceleração na direção horizontal.


<http://www.geocities.yahoo.com.br/salvadeFisica6/cinematica/horizontal.htm>

## Manuscritos de Galileu




**Desenho de Lisa Filio por Galileu**  
<http://www.geocities.yahoo.com.br/salvadeFisica6/cinematica/horizontal.htm>

- Quando o pacote se desprende do avião que voa horizontalmente, por causa da inércia, o objeto sai do avião com o mesmo movimento que tinha quando dentro.
- Para o piloto, o pacote cai em linha reta vertical (veja ilustração), no entanto uma pessoa na Terra vê o pacote cair em uma trajetória parabólica.
- Apesar de no seu tempo não existirem aviões, Galileu entendia perfeitamente como é o movimento de projéteis.



**Desenho colorido visto por uma pessoa dentro do avião**  
<http://www.geocities.yahoo.com.br/salvadeFisica6/cinematica/horizontal.htm>

**A seguir você verá um filme sobre a invasão nazista à Polônia, que deu início à Segunda Guerra Mundial. Observe os bombardeios aéreos e veja que para uma pessoa dentro do avião a bomba cai em linha reta.**



**Observe que uma pessoa dentro do avião vê a bomba cair em linha reta (Extraído de Filho, 2005).**

- O mesmo raciocínio se aplica, afirmou Galileu, a qualquer projétil, por exemplo, a bala de um canhão.
- Na direção horizontal, a bala de canhão (desprezando a resistência do ar) conservaria a velocidade inicial imprimida pela explosão da pólvora.
- Entretanto, na direção vertical aplicar-se-ia a lei da queda dos corpos, mesmo quando a bala de canhão está no ponto mais alto da sua trajetória.
- Combinando estes dois tipos de movimento e recorrendo à matemática, Galileu mostrou que a trajetória de qualquer projétil perto da superfície da Terra era uma parábola.

(Sua-Área & Ombreira, 2002)

<http://www.geocities.yahoo.com.br/salvadeFisica6/cinematica/horizontal.htm>



O objeto se movimenta para frente com a mesma velocidade do automóvel (desprezando a resistência do ar). Para cima e para baixo, o movimento do objeto obedecerá à Lei da Queda Livre. Por isso estará sempre acima da pessoa que o arremessou.



Como uma pessoa que está dentro do carro vê a trajetória do objeto? Para um observador fixo no solo, que trajetória descreve este objeto?

## Essa experiência você pode fazer!

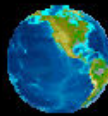
O ciclista em movimento joga um limão para cima



- Talvez seja perigoso jogar algo para cima quando se está andando numa bicicleta.
- Faça então caminhando. Segure um limão (senão tiver limão pode ser uma borracha) e, quando estiver andando jogue-o para cima exatamente na vertical e continue andando.
- Onde o limão vai cair? Será que ele fica para trás?

26

- Se a velocidade para frente se mantém, então se soltamos uma pedra do alto da torre de Pisa ela cairá exatamente abaixo de nós.
- Assim como a torre se desloca 800 m para frente enquanto a pedra cai, a pedra também viaja a mesma distância na horizontal (além do movimento na vertical).
- Nós aqui na Terra veremos a torre parada e a pedra caindo na vertical.
- Um astronauta que não participasse da rotação da Terra e que pudesse ver a queda da pedra, iria vê-la descrevendo uma trajetória curva, para frente e para baixo assim como nós vemos o pacote que cai do avião.



Aristóteles



Galileu

- Galileu, ao contrário de Aristóteles, propunha que a Terra e os seres humanos não estavam separados do resto do universo.
- Segundo Galileu, a Terra era apenas um planeta do Sistema Solar, que fazia parte de um Universo ainda maior.
- O universo, os seres humanos e tudo o que existia na Terra estavam sujeitos às leis naturais que a Física e a Matemática podiam descrever, seja para uma bola atirada para o alto ou para um planeta em movimento de translação ao redor do Sol.
- O que Galileu fez foi unir o Céu e a Terra, que no mundo aristotélico eram separados pela esfera da Lua.

28

## Kepler, Galileu e o telescópio



Telescópio de Galileu

- Os cálculos puramente astronômicos de Kepler não foram o elemento decisivo para produzir a grande revolução que conduziria a uma imagem completamente nova do Universo.
- Essa tarefa coube a Galileu Galilei.
- Ao contrário do astrônomo alemão, que sempre viveu em países protestantes, fora do alcance da Inquisição, o cientista italiano pagou caro a sua audácia.
- Tudo começou em 1609, com uma viagem de Galileu a Veneza, onde ouviu falar de um aparelho, construído por um artesão holandês, que fazia os objetos parecerem maiores e mais próximos: o telescópio.
- De volta a Pádua, conseguiu adquirir um desses instrumentos, com o qual passou a investigar o céu.

20

As principais conclusões que Galileu chegou após suas observações com o telescópio foram:

- ✓ o planeta Júpiter possuía satélites;
- ✓ Vênus apresentava fases, como a Lua;
- ✓ a Lua tinha muitas montanhas e vales, parecidos com os da Terra;
- ✓ o Sol apresentava manchas em sua superfície;
- ✓ existia um número muito maior de estrelas do que se podia ver a olho nu.



Telescópio de Galileu



Um dos desenhos de Galileu

<http://www.observatorio.usp.br/observatorio/galileu/galileu.html>



Manchas solares: <http://digital.observatorio.usp.br/observatorio/USO/observatorio.html>

- Dentre as observações que Galileu fez com o telescópio, a descoberta das fases de Vênus (semelhante às fases da Lua) tornou-se um argumento fundamental em favor do heliocentrismo de Copérnico.
- Em sua fase cheia, o planeta era visto pequeno, ou seja, estava mais longe da Terra.
- Nas fases crescente e minguante, o planeta parecia ser muito maior do que quando estava cheio.
- A explicação dada por Galileu era que Vênus, como os demais planetas giravam em torno do Sol.



Figura mostrando as fases de Vênus [http://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%AAnus\\_\(planeta\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%AAnus_(planeta))



Fases de Vênus fotografadas através de um telescópio <http://www.foc.ufsc.br/galileu/observacao/imagens/fvs5.htm>

Imagine voou da Terra observando Vênus. Como o veria? Compare as duas figuras.

21

## Compare mais uma vez.

A observação das fases de Vênus feitas por Galileu se tomaram um duro golpe aplicado ao geocentrismo.




Fases de Vênus fotografadas através de um telescópio <http://www.foc.ufsc.br/galileu/observacao/imagens/fvs5.htm>



As fases de Vênus no modelo copernicano <http://www.foc.ufsc.br/galileu/observacao/imagens/fvs5.htm>


## Galileu e a Igreja

- Naquele tempo a opção de Galileu pelo heliocentrismo era problemática.
- Foi por volta dessa época (1616) que o livro de Copérnico passou a ser definitivamente proibido pelo Santo Ofício.
- Mas Galileu, que era um "cabeça dura", acreditava que podia desviar a Igreja da sua desastrosa rota de colisão com a ciência.
- Ele, por defender o sistema copernicano, acabou sendo condenado.
- A condenação de Galileu representou um enorme trauma nas relações entre a ciência e a religião.



O JULGAMENTO DE GALILEU, em Roma, em 1633. O veredicto foi de culpado por ter "insultado e enredado" a doutrina copernicana.  
<http://www.ahf.org.com/educacao/historia/eduardo/romao/inquisicao/veredicto.html>

- Para escapar aos severos castigos da Santa Inquisição, o então condenado Galileu se viu obrigado a ler um termo de confissão que haviam escrito para ele.
- Confessou então que tudo que tinha descoberto era um grande erro e que jamais cometeria tais heresias.
- Segundo alguns que estavam próximos de Galileu neste momento, ele disse baixinho após terminar a leitura: "No entanto a Terra se move em redor do Sol".
- Apesar do Juramento, ele foi obrigado a cumprir prisão domiciliar perpétua e nunca mais pôde publicar nada.
- Já velho e completamente cego de tanto olhar para o Sol com seu telescópio, Galileu morre, em 08 de janeiro de 1642, em companhia de amigos.



O JULGAMENTO DE GALILEU, em Roma, em 1633. O veredicto foi de culpado por ter "insultado e enredado" a doutrina copernicana.  
<http://www.ahf.org.com/educacao/historia/eduardo/romao/inquisicao/veredicto.html>

## Vale a pena conhecer mais um trecho de "Poema para Galileu", do poeta português Antônio Gedeão

Observe a forma como o poeta fala, às vezes com ironia, dos juizes eclesiásticos que julgaram Galileu!

Al, Galileu  
 Mal sabiam os teus doutos juizes, grandes senhores deste pequeno mundo,  
 que assim mesmo, empertigados nos seus cadeirões de braços,  
 andava a correr e a rolar pelos espaços  
 à razão de trinta quilômetros por segundo.

Tu é que sabias, Galileu Galilei.  
 Por isso eram teus olhos misericordiosos,  
 por isso era teu coração cheio de piedade,  
 piedade pelos homens que não precisam sofrer, homens ditosos  
 a quem Deus dispensou de buscar a verdade.

Por isso, estoicamente, mansamente,  
 realista a todas as torturas,  
 a todas as angústias, a todos os contrastes,  
 enquanto eles, do alto inacessível das suas alturas,  
 foram calando,  
 calando,  
 calando,  
 calando sempre,  
 e sempre,  
 ininterruptamente,  
 na razão direta dos quadrados dos tempos.

O poema completo pode ser encontrado no site: <http://www.ahf.org.com/educacao/historia/eduardo/romao/inquisicao/veredicto.html>

- Só muitos e muitos anos depois, a Igreja procurou corrigir o seu ato.
- Em 1893, o papa Leão XIII adotou o sistema proposto por Galileu e, pasmem, só em 1992, o papa João Paulo II reconheceu oficialmente o erro.
- João Paulo II afirmou que a condenação de Galileu ocorrera devido a "uma trágica e recíproca incompreensão".
- Portanto, Galileu foi absolvido por ter defendido a ideia de que a Terra se move ao redor de si mesma e ao redor do Sol, 350 anos após sua morte.



**Galileu no Tribunal da Santa Inquisição**  
<http://www.ahf.org.com/educacao/historia/eduardo/romao/inquisicao/veredicto.html>  
**Papa Leão XIII**  
<http://www.ahf.org.com/educacao/historia/eduardo/romao/inquisicao/veredicto.html>  
**Papa João Paulo II**  
<http://www.ahf.org.com/educacao/historia/eduardo/romao/inquisicao/veredicto.html>



Clique na figura acima e assista a um filme sobre Galileu (Extraído do Filme, 2005)

## Diálogo

- Em 1632 Galileu publica seu livro "Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico & Copernicano".
- O livro é uma novidade em vários sentidos.
- Naquele tempo, a maioria dos livros era escrita em latim, mas Galileu escreveu o *Diálogo* em italiano, pois queria que todos lessem e entendessem sua obra.
- Por isso ele é considerado como sendo o primeiro divulgador da ciência.
- Certamente é um livro diferente de todas obras científicas que vocês já ouviram falar, pois, como o próprio título afirma, é um diálogo levado entre três homens: Salviati, Sagredo e Simplicio.



O Diálogo – Livro de Galileu  
<http://www.ahf.org.com/educacao/historia/eduardo/romao/inquisicao/veredicto.html>

## Diálogo

- Além de seu valor literário como exemplo máximo do barroco italiano, o "Diálogo" é reconhecidamente um clássico da literatura polêmica científica e filosófica.
- Galileu nessa obra, move uma violenta oposição à concepção tradicionalista do saber, combatendo a cosmologia teológico-filosófica tradicional, a astronomia ptolemaica e o modo tradicional de conceber a aplicação da matemática à astronomia e, em geral ao estudo da natureza.
- Evidentemente o "Diálogo" não possui apenas o caráter opositivo ou crítico (...), ele possui também um caráter constitutivo e inovador pelo qual é considerado, pela unanimidade dos intérpretes, um marco no surgimento da ciência moderna.  
Galileu, 2001(p. 52)



### Os personagens de Galileu

- No Diálogo, **Sagrado** representa o gentil-homem não especialista, mas diletaente [1] e entusiasta das novas ideias científicas. É em suas falas que se encontram as ideias mais ousadas e as críticas mais irônicas e duras contra os aristotélicos (p. 561). (...)
- Salviati** representa o novo homem de ciência, isto é, o especialista que alia a experiência ao mundo profundo da matemática, e nesse sentido, suas posições expressam as de Galileu. (...)
- Simplicio** é o nome do famoso comentarista de Aristóteles da primeira metade do século VI dC (p.561). (...)
- Deve observar que, em italiano, a palavra "simplicio" tem também a conotação de "simplista", "nescio" [2] e é difícil deixar de pensar que Galileu não se valha dessa ambigüidade. (...) O Simplicio histórico é uma referência óbvia a Aristóteles, sua filosofia e sua física (p. 562) [3].

[1] Pessoa que encara uma arte ou os estudos a um ponto exclusivamente por gosto e não por efeito ou obrigação.  
 [2] Dizer ou praticar necedades; disparatar, dizer tolices. Ação ou dito de ridículo, disparata, sandice, estupidez, ignorância grosseira; necedade.  
 [3] GALILEU, G. *Diálogo sobre os dois maiores sistemas do mundo geocêntrico e heliocêntrico*. Tradução, Introdução e notas de Paulo Roberto Matricardi. São Paulo: Discorso Editora, 2004.



Frontispício do diálogo de Galileu. As três figuras representam, de esquerda para a direita, Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico.  
 Nota: A fala de Galileu: um relato histórico do diálogo, II e III - Discorso II, p. 214.

- No seu livro, Galileu trata da razão pela qual os corpos não são expelidos da Terra pela sua rotação, ou seja, ele trata da pergunta:
- Se a terra gira rapidamente sobre si mesma, por que, então, os corpos sobre a Terra não são lançados para fora? Você já se perguntou isso?

O livro começa com Salviati dizendo:



<http://www.fael.ufsc.br/~glaucio/2010/04/01/galileo-dialogo.html>

<http://www.terra.com.br/educacao/2014/04/01/galileo-dialogo.html>

### Por que os corpos não são lançados para fora da Terra?



Trilha  
[http://www.nasa.gov/links/infocus\\_p.html](http://www.nasa.gov/links/infocus_p.html)


- Foi, portanto, Galileu quem levantou pela primeira vez a idéia de que a Terra exerce uma força sobre todas as coisas chamada de gravidade.
- É essa força que não permite que sejamos lançados para fora da Terra, e é responsável pela queda das coisas.



Continente Europeia fotografado por satélite. Texto baseado a Wikipédia.  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Satellite\\_europa\\_global.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Satellite_europa_global.jpg)

- Continuando com o problema da queda dos corpos, Galileu estudou o movimento balístico e afirmou que:

*"...os projéteis seguem uma espécie de trajetória curva, mas ninguém mostrou que fosse uma parábola. Mostrarei que o é, juntamente com outros fatos, cujo número não é pequeno e que abrem a porta a uma ciência vasta e crucial".*



<http://www.terra.com.br/educacao/2014/04/01/galileo-dialogo.html>


- O lançamento de projéteis sempre teve grande importância para a humanidade, infelizmente para uso em guerras.
- Já no ano 200 aC, Arquimedes produziu armamentos como a catapulta.
- O canhão foi introduzido no ocidente pelos árabes por volta do século XIII.
- Era portanto vital, para o êxito da artilharia no campo de batalha, que existisse o domínio de uma teoria que descrevesse o movimento dos projéteis, fossem eles lançados por catapultas ou por canhões.
- Até a época medieval as armas tinham alcance limitado, e não atingiam alvos além da linha do horizonte (~15km).
- Até o surgimento da teoria de Newton, a trajetória do movimento dos objetos era descrita usando as idéias aristotélicas e a Teoria do Impetus.



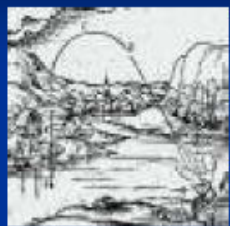
Replica de uma catapulta em Châlons sur Marne, França  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Replica\\_catapulta.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Replica_catapulta.jpg)

Canhão do Feste de Natal RN- Brasil

### Canhões e catapultas




### Trajétoria de um projétil segundo a Teoria do Impetus




Trajetória do Impetus  
<http://www.terra.com.br/educacao/2014/04/01/galileo-dialogo.html>

- A trajetória de um projétil é descrita com base no impeto que lhe é comunicado pela explosão e no impeto do seu peso. O movimento é descrito em três fases:
- 1 - o impeto comunicado é superior ao do seu peso (trajetória retilínea AB); o impeto inicial vai se dissipando gradualmente (trajetória curvilínea BCD);
- 2 - existe ainda algum impeto fornecido no lançamento, mas o dominante é o do peso do projétil (trajetória retilínea DE);
- 3 - o impeto inicial esgotou-se e o projétil cai verticalmente devido, exclusivamente, ao impeto do seu próprio peso (trajetória retilínea EF).



<http://www.terra.com.br/educacao/2014/04/01/galileo-dialogo.html>

- Saiba que para se colocar um satélite em órbita, atirar uma bala com um canhão ou chutar uma bola no gol durante um jogo de futebol, as leis da física usadas são exatamente as mesmas.
- Em todos temos um movimento parabólico.
- Pense em tudo que você viu até agora e veja a ilustração do jogador chutando uma bola para o gol.



[http://video.uefp.br/van/proj\\_cotacao.htm](http://video.uefp.br/van/proj_cotacao.htm)

## O que acontece com a velocidade inicial da bola?

40



[http://video.uefp.br/van/proj\\_cotacao.htm](http://video.uefp.br/van/proj_cotacao.htm)

Quando a bola está subindo, a sua velocidade inicial (na vertical) vai diminuindo até atingir um valor mínimo no ponto mais alto da trajetória (vrtice da parábola) e vai aumentando quando está descendo até atingir o solo (alcance da bola).

Acontece o mesmo com a bola (acima) e com a bola de canhão (abaixo).

[http://video.uefp.br/van/proj\\_cotacao.htm](http://video.uefp.br/van/proj_cotacao.htm)


41

## Por que a velocidade da bola tem esta variação?

42

## Gravidade



- A força peso atua na vertical de cima para baixo, imprimindo  bola uma aceleração denominada aceleração da gravidade.
- Esta aceleração, para corpos próximos  superfície da Terra, vale aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$  (ou  $9,8 \text{ m/s}^2$  para ser mais preciso).
-  esta aceleração, que para simplificação denominamos "g", que aumenta a velocidade dos corpos em queda livre em 10 metros por segundo em cada segundo de queda.
- Em outras palavras, ao final do primeiro segundo a velocidade será de 10 metros por segundo, no final do segundo segundo será de 20 metros por segundo, e assim por diante.
- Quando temos o ar, este freia a queda do corpo e Galileu sabia disto, por isso tentou imaginar o que acontecia se não tivéssemos a resistência do ar.



[http://video.uefp.br/van/proj\\_cotacao.htm](http://video.uefp.br/van/proj_cotacao.htm)

43

- Todo e qualquer corpo que estiver em queda estará sob a influência da aceleração da gravidade.
- Como concluiu Galileu, quando o ar não existir e os dois corpos de massas diferentes, um bem maior que o outro, forem largados da mesma altura, como o ar não os frear, os dois tendo a mesma aceleração (a da gravidade) chegarão ao solo juntos, no mesmo instante.

[http://video.uefp.br/van/proj\\_cotacao.htm](http://video.uefp.br/van/proj_cotacao.htm)

44

Quando a bola está subindo, a força peso, sendo para baixo, faz com que a velocidade diminua (movimento retardado) e quando a bola está descendo, a força peso, atuando no mesmo sentido, faz com que a velocidade aumente (movimento acelerado).

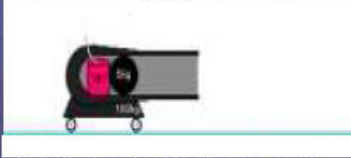


**Bola subindo: movimento retardado**

**Bola descendo: movimento acelerado**

45

## Como  a trajetória de uma bola de canhão?



[http://video.uefp.br/van/proj\\_cotacao.htm](http://video.uefp.br/van/proj_cotacao.htm)

46

- Na direção horizontal, a bola (desprezando a resistência do ar) conserva a velocidade inicial que sai do canhão.
- Na direção vertical aplicar-se-a a lei da queda dos corpos, mesmo quando a bola de canhão está no ponto mais alto da sua trajetória.
- Combinando estes dois tipos de movimento e recorrendo à matemática, Galileu mostrou que a trajetória de qualquer projétil perto da superfície da Terra era uma parábola.
- Galileu descobriu de que a inércia (tndncia de um corpo em manter a mesma velocidade) combinada com a gravidade (representada pela sua lei da queda livre) produz trajetórias parabólicas nas proximidades da superfície da Terra.
- Esta descoberta foi o ponto de partida para Isaac Newton, mais tarde, mostrar como o universo trabalha.

Observe que a velocidade para cima diminui até o ponto mais alto. Na descida esta velocidade aumenta. A velocidade para frente não muda. A trajetória parabólica aparece por causa da combinação dessas duas velocidades.

[http://video.uefp.br/van/proj\\_cotacao.htm](http://video.uefp.br/van/proj_cotacao.htm)

47



## Galileu e Descartes

- Os eventuais problemas de Galileu com a Igreja acabaram tirando da Itália a revolução científica, que foi para a Inglaterra, sendo estabelecida por Isaac Newton.
- No entanto esta história ainda tem a contribuição de René Descartes.
- O sistema de coordenadas x-y-z foi imaginado por ele e por isso leva o seu nome: coordenadas cartesianas.






René Descartes (1596 - 1650)  
<http://www.quepasa.com.br/ren%C3%A9-descartes-biografia.html>



Coordenadas Cartesianas  
<http://www.quepasa.com.br/coordenadas-cartesianas.html>

- A versão da inércia de Galileu funcionava apenas na direção horizontal.
- Mas, quando generalizado a toda a superfície da Terra, o movimento horizontal reto transformava-se em movimento circular em torno do centro da Terra.
- Apesar de sua inteligência viva, Galileu não podia evitar completamente este ideal platônico remanescente e formulou uma espécie de inércia circular.
- Quem foi mais bem sucedido ao pôr tudo isto em ordem foi Descartes.
- Ele deu à lei da inércia a forma adotada por Newton: *na ausência de forças externas, um corpo em repouso permanecerá em repouso e um corpo em movimento permanecerá em movimento uniforme e retilíneo.*

Atenção: quando se desloca um objeto sobre uma superfície, há sempre uma força de atrito. Isso é importante para entender o movimento.

Um menino andando de bicicleta colide com um obstáculo e salta para cima. Como tem a tendência de permanecer no movimento, ultrapassa o parafuso. O mesmo ocorre com uma pessoa que não usa o cinto de segurança e sofre um acidente. Ela continua o movimento em direção ao painel e ao vidro do carro. Uma moeda em cima de uma folha de papel sobre um copo tende a continuar em repouso, por isso quando a pessoa puxa com rapidez a folha, a moeda cai dentro do copo.



Isaac Newton  
<http://www.quepasa.com.br/isaac-newton-biografia.html>

A cartada final para a formulação da teoria científica que possibilitou ao homem colocar um satélite em órbita na Terra estava reservada para Isaac Newton. Abra o arquivo: **"4 - Como colocar um satélite em órbita - Newton"** e descubra como se coloca uma máquina para orbitar nosso planeta.

## Isaac Newton




<http://gizmodo.com/isaac-newton-1642-1842048000.jpg>


A natureza e suas leis ocultavam-se nas trevas. Deus disse: "Que Newton exista" e a luz foi feita.

Alexander Pope, escritor inglês

- Isaac Newton deve ter nascido em 1642, o ano da morte de Galileu, como se fosse necessário que gênios de tal envergadura estivessem sempre presentes na Terra.
- Newton nasceu prematuro e seu pai (também chamado Isaac Newton) morrera três meses antes de conhecer o filho.
- O novo Isaac era uma criança frágil, que não parecia destinada a viver durante oitenta e quatro anos.



Isaac Newton  
<http://astro.if.usp.br/isaacnewton.htm>



<http://www.if.usp.br/isaacnewton>

- A mãe de Newton esperava que ele viesse a gerir as propriedades deixadas pelo seu segundo marido, que morreu quando Isaac tinha 11 anos.
- De fato, se o pai de Isaac não tivesse morrido, ou se o seu padrasto tivesse sido uma pessoa mais simpática, Isaac poderia ter-se transformado num grande e próspero proprietário.
- Mas esse destino não se cumpriria.
- Em vez disso, veio a ser um homem cujo gênio violento muitas vezes se transformava em total insanidade e que no fim da sua vida se gabava de ser virgem, mas transformou a história da humanidade como poucos o fizeram.


- Em 1661 o jovem Isaac matriculou-se no Trinity College, em Cambridge, onde Aristóteles ainda encabeçava o currículo, mas onde também pairava no ar a revolução científica.
- Newton recebeu o seu diploma em 1665 e partiu logo para a propriedade familiar em Lincolnshire para escapar à peste bubônica.
- Pensa-se que fez muitas das suas importantes descobertas durante os dois anos que passou na propriedade de sua família, mas o mundo só ouvia falar delas bem mais tardê.




Trinity College, em Cambridge  
<http://gizmodo.com/isaac-newton-1642-1842048000.jpg>




Trinity College hoje  
<http://www.trinity.cam.ac.uk/>




<http://www.royalsocietypublishing.org/journal/rsos>

- A mais importante das numerosas obras de Newton foi a formulação de um conjunto de princípios dinâmicos que viriam a substituir a cosmovisão aristotélica.
- Em 1687, quando publicou a sua obra maior, os *Principia*, apresentou as três leis, acrescidas de um conjunto de definições e corolários.

- As três leis de Newton são os princípios dinâmicos que substituem os «movimentos naturais» e os «movimentos violentos» da mecânica aristotélica.
- Estas três leis se aplicam a todas as forças e a todos os corpos
- Newton descreveu uma espécie particular de força que atua entre o Sol e os planetas e entre os planetas e as suas luas - ou, na verdade, entre quaisquer duas porções de matéria no universo.
- Demonstrou Newton que suas três leis, combinadas com a força da gravidade, davam origem às órbitas elípticas dos planetas.




[http://pt.wikipedia.org/wiki/Isaac\\_Newton](http://pt.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton)



Casa de Newton em Londres  
<http://www.newtonhouse.com/>

- Isaac Newton inventou também o cálculo diferencial e integral.
- Há poucas dúvidas de que tenha usado estes poderosos instrumentos matemáticos analíticos para fazer as suas maiores descobertas.
- No entanto, quando escreveu os *Principia*, não tinha ainda feito publicar o cálculo.
- Mais tarde haveria uma disputa bem desagradável pela propriedade do cálculo entre Newton e o filósofo e matemático alemão Gottfried Leibniz, que, independentemente, fez as mesmas descobertas matemáticas.


$$\int_a^b f(x)dx$$


Cálculo integral conforme a notação de Leibniz  
<http://www.royalsocietypublishing.org/journal/rsos>

Leibniz  
<http://www.royalsocietypublishing.org/journal/rsos>



<http://www.feynman.com/>



<http://www.alberteinstein.com/>



<http://www.stephenhawking.com/>

Richard Feynman, físico norte-americano nascido em 1918, ganhou o prêmio Nobel de Física em 1965 e morreu em 1988. Extrovertido e apático, esteve no Brasil e teve pernoite em escola de samba do Rio de Janeiro.

- Muitos anos depois, Feynman estaria suficientemente intrigado para inventar a sua própria prova geométrica da lei das órbitas elípticas. «Não é fácil usar o método geométrico para descobrir coisas», disse ele na sua lição sobre esta matéria, «mas a elegância das demonstrações depois de as descobertas terem sido feitas é, na realidade, muito grande.»
- Tornou-se famosa a citação de Isaac Newton: «Se eu vi mais longe, foi porque me pus aos ombros de gigantes.» Os gigantes eram Copérnico, Brahe, Kepler, Galileu e Descartes.
- Até Newton o colapso da visão aristotélica deixara no seu rastro apenas rumores de confusão, sem a mais remota sugestão do modo como substituí-la.



- Cada um dos gigantes de Newton colocou no lugar um pedaço do edifício ou uma peça do andaime, mas a forma e a concepção da estrutura final não eram visíveis.
- Descartes julgou tê-la vislumbrado, mas estava enganado.
- Então apareceu Newton e, subitamente, o mundo tornou-se de novo ordenado, previsível e compreensível.
- Newton concebeu como ele funcionava e a prova de que tinha razão foi a sua demonstração da Lei das Elipses de Kepler.

De "gigantes de Newton"

Copérnico Tycho Brahe Kepler Galileu Descartes

# As Leis de Newton

## A Primeira Lei de Newton é o Princípio da Inércia, herdado de Galileu e de Descartes

Galileu Galilei (1564-1642)

René Descartes (1596-1650)

## PRIMEIRA LEI

Todo corpo permanece em estado de repouso ou em movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar esse estado devido a forças que sobre ele atuem.

Um menino andando de bicicleta colide com um obstáculo e salta para cima. Como tem a tendência de permanecer no movimento, ultrapassa a parede. O mesmo ocorre com uma pessoa que não usa o cinto de segurança e sofre um acidente. Ela continua o movimento em direção ao painel e ao vidro do carro. Uma moeda em cima de uma folha de papel sobre um copo tende a continuar em repouso, por isso quando a pessoa puxa com rapidez a folha, a moeda cai dentro do copo.

## Interprete a queda do ciclista:

No caso de um carro que se movimentava com velocidade constante e em linha reta, a força que o motor faz só serve para vencer o atrito. A força do motor (para frente) e a força de atrito (para trás) se anulam e o carro segue em movimento retilíneo uniforme.

No caso de um carro que se movimentava com velocidade constante e em linha reta, a força que o motor faz só serve para vencer o atrito. A força do motor (para frente) e a força de atrito (para trás) se anulam e o carro segue em movimento retilíneo uniforme.

A segunda lei de Newton, a verdadeira chave-mestra da sua dinâmica, diz o que acontece a um corpo quando sobre ele atua uma força resultante.

## SEGUNDA LEI

A alteração do movimento é proporcional à força imprimida e faz-se na direção e no sentido da força.

O corpo de menor massa que recebe a mesma força sofre maior aceleração.

Noe Principia, Newton definiu quantidade de movimento como o produto da velocidade (isto é, velocidade mais direção mais sentido) pela quantidade de matéria (ou seja, a massa). Ele então afirmou que força é a variação da quantidade de movimento dividida pelo tempo.

Muito depois da morte de Newton, a segunda lei foi sintetizada na equação  $F = ma$  (força resultante igual a massa vezes aceleração); no entanto, Newton nunca a apresentou dessa forma.

## TERCEIRA LEI

Toda ação tem uma reação igual e oposta, ou as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas às partes contrárias.

O canhão empurra a bala para frente e a bala o joga para trás. Uma pessoa em cima de uma caixa tenta se apoiar para um lado e a caixa vai para o outro. O foguete faz a ação de empurrar os gases da combustão para baixo e os gases fazem a reação, que é forçar o foguete para cima.

Esta lei é conhecida como a Lei da ação e reação.

Clique no quadro acima e observe o princípio da ação e reação (terceira Lei de Newton) no lançamento de um ônibus espacial por foguetes. Veja que à medida que o combustível é queimado, os gases provenientes da combustão são expelidos e empurram o foguete em sentido contrário. Em suma, o foguete joga os gases para baixo e os gases jogam o foguete para cima (FONTE: 17 Satélites e Plataformas Espaciais – Dr. Patrônio Noronha de Souza, Módulo 1 – AEB Escola).




As forças de ação e reação nunca se anulam porque atuam em corpos diferentes. Com força de mesma intensidade que o burro puxa a carroça, esta puxa o burro.

<http://educar.sc.usp.br/Educa/disc00a.html>





## Gravitação Universal

O ápice da mecânica newtoniana



Existe uma lenda de que Newton postulou a Lei da Gravitação Universal nos anos da peste negra, no jardim de sua casa na cidade de Woolsthorpe, na Inglaterra, quando uma maçã lhe caiu sobre a cabeça.


Casa em que Newton viveu, em Woolsthorpe

<http://www.museuimperial.org.uk/visit/visiting/visiting.html>

## Diz a lenda:

Newton estava descansando na sombra de uma macieira e pensando sobre qual seria a força que faz com que a Lua gire em torno da Terra e que faz os planetas orbitarem o Sol. Seguiu descansando e pensando até adormecer. Foi despertado subitamente quando uma maçã caiu sobre sua cabeça. Ele então levantou rapidamente e disse:

*“É claro! O que faz a Lua girar em volta da Terra, ou os planetas em torno do Sol é a mesma força que fez com que esta maçã caísse sobre minha cabeça – a força da gravidade”.*




## Ainda bem que era uma maçã. Imaginem!



<http://www.iaa.es/pt/observatorio/observatorio/observatorio.html>




<http://pt.wikipedia.org/wiki/Planeta> <http://img408.imageshack.us/img408/13/Newton/Newton.jpg>

A direita, pode-se ver o desenho feito por Newton. Compare-o com a situação da esquerda.

Dizem que a história da maçã não passa de uma lenda, em todo caso, quando se olha para os desenhos originais produzidos por Newton, a lenda faz sentido.




<http://pt.wikipedia.org/wiki/Planeta> <http://www.iaa.es/pt/observatorio/observatorio/observatorio.html>

A direita, pode-se ver o desenho feito por Newton. Compare-o com a situação da esquerda.

- A experiência pensada por Newton explica porque a Lua não cai para a Terra, apesar de ser puxada pela força da gravidade para o centro de nosso planeta.
- A lei vale também para os satélites artificiais orbitando sob a ação da gravidade terrestre.





<http://pt.wikipedia.org/wiki/Newton> <http://www.1000.com.br/animacoes/animacoes.html>

- Ele imaginou um canhão capaz de lançar projéteis a grandes distâncias.
- Concebeu este canhão colocado em cima de uma montanha e supôs que a resistência do ar fosse desprezível.
- Se o canhão disparar um projétil com uma certa velocidade, a bala descreverá um percurso chamado de "movimento balístico" (como descrito por Galileu) no qual o projétil perde altitude até cair na Terra.



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Newton> <http://www.1000.com.br/animacoes/animacoes.html>

- Depois, Newton imagina o projétil sendo lançado com uma velocidade inicial cada vez maior, refazendo este procedimento até que, para uma certa velocidade inicial, o projétil entra em órbita.
- Digamos que o projétil quer continuar descrevendo o movimento balístico, mas não há como, pois "ele" não alcança mais o chão", a Terra teria que ser um pouco maior.
- Isto significa que a velocidade para entrar em órbita em planetas maiores que a Terra terá que ser bem maior, até porque a força da gravidade de um planeta é proporcional à sua massa.

- Aumentando-se a velocidade de lançamento do projétil faz-se com que este percorra distâncias cada vez maiores, até que para uma certa velocidade ele acaba circulando a Terra.
- Essa velocidade tem o mínimo valor necessário para o projétil entrar em órbita.
- Se este valor for ultrapassado, o projétil pode ter uma órbita maior ou até mesmo "perder" o contato gravitacional com a Terra e sair viajando pelo espaço.
- Neste movimento só atua a força da gravidade e é justamente essa força que faz com que o projétil descreva uma órbita ao redor da Terra.




<http://www.1000.com.br/animacoes/animacoes.html> <http://www.gly.com.edu.br/imagens/animacoes/animacoes.html>

- Se a bala fosse apenas solta, cairia verticalmente em direção ao centro da Terra.
- Conforme sua velocidade (que é tangencial em relação à Terra) fosse sendo aumentada, seguiria a trajetória de um segmento de curva, atingindo o solo cada vez mais longe.
- A uma velocidade ainda maior, sua trajetória não mais seria interceptada pela Terra e a bala entraria em órbita.



Conforme a velocidade for aumentada mais ainda, sua trajetória será um círculo, depois uma elipse, para finalmente, quando a velocidade for 41% maior que a velocidade de órbita circular, o projétil seguirá uma trajetória de escape da gravidade terrestre, para nunca mais retornar.



Quando a bala é lançada com uma velocidade baixa, temo estabelecer uma elipse, com o centro da Terra em um dos focos (figura da esquerda). Se a bala atingir a velocidade orbital, se movimentará em círculo em torno da Terra. À medida que a velocidade da bala vai sendo aumentada, vai descrevendo uma órbita elíptica cada vez mais alongada, até se desprender de vez da Terra, descrevendo hipérbola ou parábola rumo ao "infinito" (figura da direita).




Observe o foguete da animação aumentando cada vez mais sua velocidade até escapar da gravidade terrestre e seguir rumo à Lua.


[http://spaceplus.jpl.nasa.gov/rockets/rockets\\_04img.shtml](http://spaceplus.jpl.nasa.gov/rockets/rockets_04img.shtml)

### A famosa equação

- Mesmo antes de Newton, já se acreditava numa força entre o Sol e os planetas que decrescia com o quadrado da distância, ou seja, uma força que diminuía quatro vezes ( $2^2$ ) quando a distância entre os astros era dobrada ou quando os corpos celestes ficavam três vezes mais longe, a força diminuía nove ( $3^2$ ) vezes e assim por diante.
- Apesar de acreditarem no inverso do quadrado da distância, nenhum cientista tinha conseguido chegar a uma equação que descrevesse o movimento planetário ou possibilitasse colocar um objeto em órbita na Terra.
- Foi Newton que, a partir de sua Segunda Lei ( $F = m \cdot a$ ) combinada com a Terceira Lei de Kepler ( $T^2/r^3 = \text{constante}$ ), chegou lá.




*F* quer dizer força de atração gravitacional, *M* significa a massa de um astro (a Terra por exemplo), *m* quer dizer a massa de outro corpo (que pode ser a Lua, um satélite artificial, etc) e *r* a distância entre o centro de massa desses dois corpos.



Para se encontrar a distância (*r*) que um satélite se encontra da Terra, basta saber o raio (*R*) da Terra com a altura (*h*) que se encontra o satélite.

### A famosa equação



*F* quer dizer força de atração gravitacional, *M* significa a massa de um astro (a Terra por exemplo), *m* quer dizer a massa de outro corpo (que pode ser a Lua, um satélite artificial, etc) e *r* a distância entre o centro de massa desses dois corpos.

Esta equação se aplica a quaisquer dupla de corpos no universo. A força gravitacional *F* que atua sobre algo é a mesma coisa que ela pesa.

Para se encontrar a distância (*r*) que um satélite se encontra da Terra, basta saber o raio (*R*) da Terra com a altura (*h*) que se encontra o satélite.

*G* é a constante de gravitação universal e vale  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Notem que, nesta equação de Newton, como previam seus antecessores, a força gravitacional (*F*) é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Observe que, como consequência da descoberta da equação, Newton conseguiu determinar a aceleração da gravidade ( $g$ ) na superfície da Terra.

$$F = \frac{GM}{R^2}m = gm$$

Se, como na equação acima, multiplicarmos a constante de gravitação universal  $G$  pela massa da Terra  $M$  e dividirmos pelo quadrado de seu ( $R$ ) da Terra, encontraremos  $g$ , ou seja,  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

### Velocidade de Escape

- Se atirmos uma pedra para cima ela "sobe" e depois "desce", certo?
- Nem sempre! Se atirmos um corpo qualquer para cima com uma velocidade "muito" grande, esse corpo "sobe" e se livra do campo gravitacional da Terra, não mais "retornando" ao nosso planeta.
- A velocidade mínima para isso acontecer é chamada de velocidade de escape.
- A velocidade de escape na superfície da Terra é  $40.320 \text{ Km/h}$ . Na superfície da Lua, onde a gravidade é mais fraca, é  $8.568 \text{ Km/h}$  e na superfície gasosa do gigantesco Júpiter é  $214.200 \text{ Km/h}$ .

$$\frac{1}{2} m_1 v_e^2 = \frac{m_1 m_2 G}{R}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2Gm_2}{R}}$$

Para encontrar o valor da velocidade de escape, basta igualar a energia cinética à gravitacional.

### O que acontece quando a velocidade de escape é maior que a velocidade da luz?

- Quando a velocidade de escape de um corpo celeste é superior à velocidade da luz, chamamos este corpo de buraco negro, que produz um campo gravitacional tão forte que nem a luz consegue escapar.
- Por isso nós o vemos negro, já que a luz não consegue sair dele para chegar até nós.
- O diâmetro do Sol é mais de 100 vezes o diâmetro da Terra. Ele se transformaria em um buraco negro caso se contraísse a um diâmetro menor que  $6 \text{ Km}$ .

Buraco negro (arte)

### Além de descrever o movimento dos corpos celestes, a Gravitação newtoniana explicou, de quebra, o fenômeno das marés

Maré baixa      Maré alta

As duas fotos foram tiradas do mesmo lugar, em momentos diferentes

- O nível do mar sobe e desce devido à influência gravitacional do Sol e principalmente da Lua sobre as águas.
- Na animação ao lado, tem-se uma representação da Lua girando em volta da Terra. Onde você vê a coluna de água mais grossa, a maré está alta. As partes do planeta que não estão na direção da Lua, estão com maré baixa.

Maré baixa      Maré alta

### O que aconteceria com a bala de canhão disparada do alto da montanha se não existisse a gravidade?

A bala não teria motivos para mudar de trajetória e passaria reto, ou seja, iria embora da Terra.

### Os satélites estão caindo?

- E vejam a que conclusão incrível Newton chegou:
- Quando o projétil está em órbita terrestre é como se estivesse continuamente "caindo" em direção à Terra, sem nunca atingi-la, ou seja, o projétil que quer completar seu movimento balístico, fica constantemente caindo, mas nunca atinge o chão.
- Isto parece surrealista, mas é assim mesmo, os satélites que estão lá em cima estão sempre em queda livre.


Tanto os satélites naturais quanto os artificiais estão sempre caindo sem chegarem ao chão

- É por esse motivo que os astronautas e todo o resto das coisas dentro das espaçonaves em órbita da Terra flutuam – ficam aparentemente sem peso.
- Portanto, aparente ausência de peso dos astronautas, ou de qualquer corpo em órbita, deve-se ao fato de a gravidade puxá-los para baixo enquanto a sua inércia tenta mantê-los viajando em linha reta.
- Os astronautas nunca chegam ao chão porque, do ponto de vista da nave, que tenta mover-se em linha reta, a superfície da Terra também está constantemente caindo.

Clipes no quadro acima e observe os efeitos de aparente falta de peso. Veja a que acontece com a água do balão. Na verdade a água tem peso mas, como está em queda livre junto com tudo em sua volta, flutua em relação à nave.



- É justamente por tudo dentro da nave "estar em queda livre" que simula o estado de não ter ação da gravidade.
- Vejam que no ponto onde se encontram os satélites, a gravidade da terra continua agindo, mas é a constante queda livre que **simula** a falta de gravidade.
- A essa gravidade muito pequena chamamos de **microgravidade**.



<http://www.nasa.gov/feature/314441main>

## Forças de contato

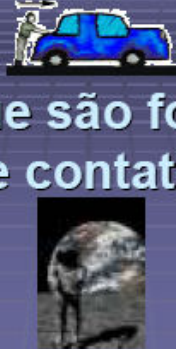
- Vocês já devem ter sentido isso ao usar um elevador: quando este é acelerado rapidamente e começa a descer, a sensação que se tem é que vamos descolar do piso do elevador.
- A sensação de ausência de peso ocorre devido a inexistência de forças de contato, já que a gravidade não deixa de agir tanto neste elevador quanto no espaço onde se encontram as espaçonaves.
- Novamente, é a partir da mecânica de Newton que se entende a inexistência de forças de contato.



<http://www.cbr.com/2013/04/04/weightlessness-in-space/>

<http://www.nasa.gov/feature/314441main>


## O que são forças de contato?



<http://www.youtube.com/watch?v=314441main>

## O que uma balança mede?

- Na verdade, uma balança não mede o peso  $P$  diretamente, mede a massa, valendo-se do peso do corpo.
- Ela mede a força que Newton chamou de Normal ( $\vec{N}$ ).
- Força Normal é a força de contato entre, por exemplo, uma pessoa e a superfície da balança.
- No equilíbrio, ou seja, se a pessoa está quieta sobre a balança, a segunda lei de Newton nos diz que:  $\text{Peso Real} - \text{Normal} = 0$  e portanto a normal é igual ao peso  $N = P$ .
- Desta forma, medindo-se a Normal, estamos medindo o Peso.
- É claro que se você não ficar quieto sobre a balança ela não indicará seu peso corretamente.



Sobre a mesa, um objeto com as indicações das forças Peso e Normal. Ao centro, uma das primeiras balanças inventadas. À direita, uma moderna balança. Imagine esta moderna balança no piso de um elevador. Ela indicará um peso maior ou menor de uma pessoa se este elevador estiver decolando aceleradamente?

## Lembrete





Clique no figura ao lado e observe a sensação de ao pesar pesos na Lua. Como seria se este astronauta estivesse aqui na Terra? Por quê?

- Lembre-se que peso e massa são grandezas diferentes.
- De acordo com a segunda Lei de Newton, peso é o produto da massa pela aceleração da gravidade local.
- À direita temos o peso, na Terra, de um objeto de massa 1kg, ou seja,  $1\text{kg} \times 9,8\text{m/s}^2$ .
- Uma pessoa que sai da Terra e vai para a Lua tem seu peso diminuído (apesar de continuar com a mesma massa), uma vez que a aceleração da gravidade lunar é menor que a terrestre. Veja a figura do canto superior esquerdo.

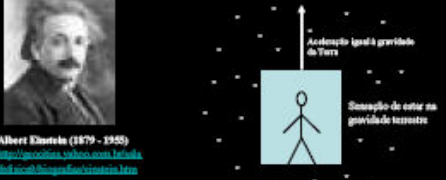
## Voltando ao assunto:

- Se você colocar uma balança no piso de um elevador, se este estiver subindo aceleradamente, seu "peso" marcado pela balança será maior que seu peso real, se ele estiver descendo acelerado, seu "peso" será menor.
- Se o elevador estiver caindo (em queda livre), seu "peso" será zero, em outras palavras, aparentemente você não pesa nada.
- Note então que a Terra continuará te abrindo da mesma forma, mas a balança não conseguirá medir essa força porque ela se baseia na medição da força de contato, que nesse caso é nula.

- O mesmo que ocorre num elevador em queda livre, acontece numa nave espacial em órbita na Terra.
- A balança marca "peso" nulo para qualquer coisa na nave espacial, uma vez que tudo nela, inclusive os astronautas está em queda livre.

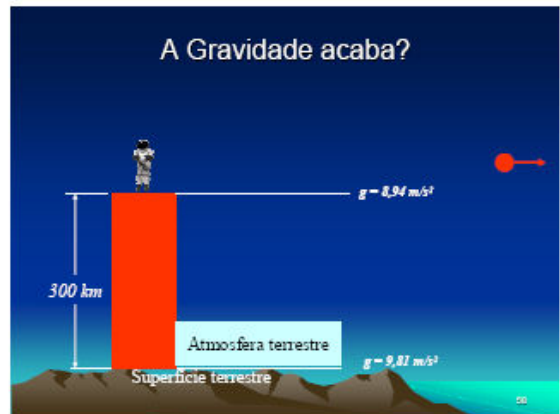
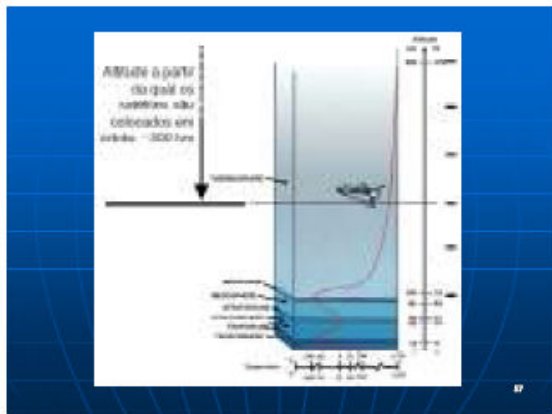
- Numa nave em órbita, o peso aparente é nulo, mas o peso real (a força da Terra) continua existindo.
- Einstein, com sua Teoria da Relatividade Geral, mostrou a correspondência entre aceleração e gravidade.
- Se você estivesse no espaço vazio, longe da força gravitacional, dentro de uma caixa fechada e essa caixa tivesse uma aceleração de  $9,8\text{ m/s}^2$ , você teria a impressão de estar na gravidade da Terra.



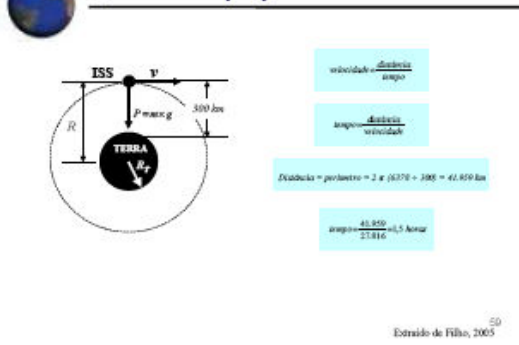
Albert Einstein (1879 - 1955)  
<http://go.colina.vale.com.br/links>  
[albert@colina.vale.com.br](mailto:albert@colina.vale.com.br)







### Quanto tempo para circundar a Terra



- Qualquer objeto solto dentro do veículo espacial possui sua própria órbita ao redor da Terra.
  - Somente se o objeto estiver localizado exatamente no centro de massa da nave, terá a mesma órbita.
  - Objetos fora desse centro de massa, terão órbitas diferentes da nave.
  - A atmosfera residual existente na altitude da órbita (basicamente átomos de oxigênio), irá exercer um efeito de freamento na nave.
  - Como um objeto no seu interior não está sujeito a esta desaceleração, terá uma pequena aceleração aparente em relação à nave.
  - Em média a microgravidade obtida numa nave é de  $10^{-6} g$  e os efeitos gravitacionais residuais acima descritos são da ordem de  $10^{-7} g$ .
- 
- Estação orbital russa Mir  
<http://www.estspacia.com/iradit/mir/>
- 60

- Hoje em dia sabemos que o Sol não é o centro do universo e sim que se move na periferia da Via Láctea.
- Da mesma forma que os planetas, os satélites estão sujeitos às mesmas leis da física que descrevem os movimentos dos corpos celestes.
- Agora você já tem uma boa idéia de como se coloca um satélite em órbita terrestre.
- Entende, também, que para que um satélite comece a órbita ele tem que ser lançado da Terra com uma certa velocidade.

Toda imagem (e o gráfico) da NASA sobre a Via Láctea nessa perspectiva lateral. A localização que estamos da colina de uma órbita da mesma maneira que a Terra, a figura também ilustra o efeito em vários comprimentos de onda de todos os fenômenos da Via Láctea.

Vista de cima e lado da Via Láctea. (e o gráfico)  
[http://www.nasa.gov/images/content/121463main\\_02\\_20020601.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/121463main_02_20020601.jpg)

- Colocar um satélite em órbita não é um trabalho muito fácil, mas sabendo-se as teorias de Newton e as leis de Kepler podemos ter uma boa idéia de como se faz isso.
- A Lua ou um satélite artificial descrevem uma elipse ao redor da Terra.
- Esta elipse é tão pouco excêntrica que pode ser considerada como um círculo.
- A velocidade do satélite é praticamente constante, ou seja, varia muito pouco.
- Para simplificar nosso entendimento, vamos considerar que o satélite possui um "movimento circular uniforme" (MCU).
- Para entendermos esse movimento, precisamos lembrar o que vem a ser inércia.

Movimento circular uniforme  
<http://questao3000.com.br/questao3000/questao3000a.htm>

62

## Vamos lembrar o que é o princípio da inércia?

63


- Antes de Galileu, a maioria dos pensadores acreditava que um corpo em movimento encontrava-se em um estado forçado, enquanto que o repouso seria o seu estado natural.
- Nossa experiência diária parece confirmar essa afirmativa.
- Quando colocamos um livro sobre uma mesa é fácil constatar seu estado natural de repouso.
- Se colocarmos o livro em movimento, dando-lhe apenas um rápido empurrão, notamos que ele não irá se mover indefinidamente: o livro deslizará sobre a mesa até parar.
- É fácil observar que cessada a força de empurrão da mão, o livro retorna ao seu estado natural de repouso.
- Logo, para que o livro mantenha-se em movimento retilíneo uniforme parece ser necessária a ação contínua de uma "força de empurrão".

64


## Galileu e a Inércia

A força de atrito pode fazer algo parar de se movimentar  
<http://gostaria.yahoo.com.br/vidео/5146343/1/meca/galileo.htm>


- Galileu, entretanto, foi contra essa idéia de movimento ser um estado necessariamente forçado, argumentando que o livro só interrompeu seu deslizamento (vindo a parar) em razão da existência de atrito com a mesa.
- Se lançássemos o livro sobre uma mesa menos áspera, haveria menos resistência ao seu deslizamento.
- Se o seu lançamento ocorresse sobre uma mesa perfeitamente polida, livre de atritos, o livro manter-se-ia com mesma velocidade indefinidamente, sem a necessidade de estar sendo continuamente empurrado.
- Assim, como complementado por Descartes, todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso e todo corpo em movimento tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme.



- No cotidiano, notamos essa tendência de permanecer no mesmo estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme.
- Se estivermos em repouso tendemos a permanecer parados, a não ser que uma força nos mova.
- Estando em movimento em linha reta, continuaremos assim, a não ser que uma força que sobre para um dos lados (ou força resultante) nos faça mudar de estado.



- Imagine uma pessoa de pé no interior de um ônibus parado.
- Quando este veículo arranca, o passageiro tende a permanecer em repouso em relação ao solo terrestre, por causa da inércia. Como o ônibus vai para frente, a pessoa que não estava se segurando cai para trás, ou seja, o ônibus vai e a pessoa fica.
- Agora, se o ônibus estivesse em movimento e de repente freasse, a pessoa cairia para frente, isto é, ela continuaria a se movimentar em relação ao solo, mesmo depois da freada do ônibus.



### A lei da inércia segundo Garfield

Newton disse que um corpo permanece em repouso ...



... se não houver nada que possa tirá-lo deste estado, ou seja, alguma interação com qualquer outro corpo.

Mas também permanece em movimento ...



... se não houver nada que possa tirá-lo deste estado, ou seja, alguma interação com qualquer outro corpo.

Onês vocês foram criativos, num paió? Da próxima vez usem a porta.

Obrigado.

### A lei da inércia segundo Garfield

As vezes não percebemos que estamos em movimento ...




... porque quando o movimento é uniforme, não percebemos nada de diferente do estado de repouso.

Mas uma mudança brusca pode nos lembrar disso!



... porque quando estamos acelerando realmente sentimos algo que nos permite dizer que estamos em movimento.

- Se um corpo está em movimento circular uniforme (MCU) é porque uma força atua sobre ele, caso contrário seria retilíneo.
- Para que um corpo permaneça em MCU é necessário que sobre ele aja uma força de intensidade constante como a força da gravidade.



<http://gostaria.yahoo.com.br/vidео/5146343/1/meca/galileo.htm>

<http://www.cia.ufpb.br/~fiscina/vidео.htm>

<http://www.comciencia.com.br/vidео/pagina7000.htm>

- Façamos um experimento de um balde cheio de água sendo girado por uma corda.
- Veja que não nos molhamos, ou seja, a água dentro do balde, apesar de estar sendo puxada com ele, pela corda, não cai sobre nós.
- Balde e água descrevem um movimento circular uniforme.
- A força que puxa o balde é a tensão na corda.



<http://gostaria.yahoo.com.br/vidео/5146343/1/meca/galileo.htm>




O que aconteceria se repentinamente parássemos de segurar a corda? Em outras palavras, qual a trajetória que o balde descreveria se soltássemos a corda?

Sairia da trajetória pelo tangente. O mesmo aconteceria com a Lua se a gravidade terrestre pudesse ser desligada.

- Notem, portanto, que a força que puxa o objeto para o centro do movimento é a força na corda, ou seja, a tensão.
- No caso do projétil imaginado por Newton a força da gravidade da Terra é a força que faz com que o projétil descreva um MCU.
- É a força de tensão da corda presa ao balde de água, que se comporta como a força da gravidade.
- Portanto, é justamente da forma imaginada por Newton que satélites artificiais são postos em órbita terrestre.


Vejam a seguinte simulação de um MCU:

<http://www.br.unb.br/~procurador/qualis/mou/03m.htm>



<http://gostaria.yahoo.com.br/vidео/5146343/1/meca/galileo.htm>





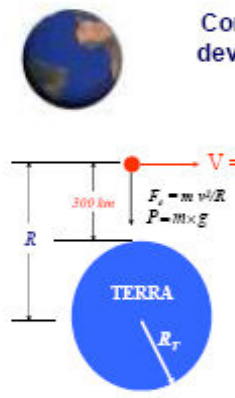
▶ Tanto a força de tensão da corda que segura o balde quanto a força da gravidade (que vamos chamar de força peso, ou simplesmente  $P$ ) têm uma característica em comum: apontam para o centro da trajetória circular.

▶ Todo corpo que se movimenta fazendo curva (como a Lua ou o balde que comentamos anteriormente) sofre esta força que, por apontar para o centro, é conhecida como *Força Centrípeta* (ou  $F_c$ ).

▶ Podemos achar o valor da *Força centrípeta* ( $F$ ) multiplicando a massa do corpo ( $m$ ) por sua velocidade elevada ao quadrado ( $v^2$ ) e dividindo pelo raio da trajetória ( $R$ ).

$$F = m \frac{v^2}{R}$$

<http://www.cita.ufrpe.com.br/edufis/04.asp>



**Com que velocidade um satélite deve entrar em órbita da Terra, a uma altura de 300 km?**

$$P = F_c$$

$$m \times g = m v^2 / R$$

Conseqüentemente:  $v = \sqrt{R \times g}$

$$R = R_T + d \begin{cases} R_T \approx 6.378 \text{ km} \\ R = 6.378 + 300 = 6.678 \text{ km} \end{cases}$$

$$V = 7,7 \text{ km/s} = 27.816 \text{ km/h} \text{!!!!}$$

(Filho, 2005)

### Referências bibliográficas (CD-01)

- COHEN, Bernard. *O nascimento de uma nova física: De Copérnico a Newton*. São Paulo: Editora EDART, 1967.
- COPERNICO, Nicolau. *Commentariolus*. Introdução, tradução e notas, Roberto de Andrade Martins. 2ª edição. São Paulo, ed. Livraria da Física, 1990.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *Satélites e suas Aplicações*. Fortaleza, 2005. Programa-AEB-Escola, CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *O Contexto Histórico da Corrida Espacial*. Fortaleza, 2005. Programa AEB-Escola, CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *O Veículo Lançador de Satélites (VLS)*. Fortaleza, 2005. Programa AEB-Escola, CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *Os Benefícios da Corrida Espacial para a Humanidade*. Fortaleza, 2005. Programa AEB-Escola, CD-ROM.
- GALILEI, G. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomáico e copernicano*. Tradução, introdução e notas de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Discorso Editorial, 2001.
- GOODSTEIN, J. R. & GOODSTEIN, D.L. *A lição esquecida de Feynman*. Lisboa, Editora Gradiva, 2002.
- NEWTON, Isaac. *Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*. Tradutores diversos. 2ª Edição. São Paulo, Editora da USP, 2002. Livro I.
- PEDUZZI, Luiz O. G. *Força e movimento: de Tales a Galileu*. Florianópolis, 1998.
- SOUZA, Petrônio Noronha de. *Satélites e Plataformas Espaciais*. Módulo I – AEB Escola.

## APÊNDICE



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Biologia

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

## **Aprendizagem da Lei da Gravitação Universal com Uso de Hiperímia de Abordagem Histórica**

**Elvis Vilela Rodrigues**

Proposta de ação profissional resultante da dissertação realizada sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Erika Zimmermann e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

Dezembro

2008

## **SUMÁRIO**

Introdução.....	187
Orientações para o professor.....	189
Aula 1 .....	189
Aula 2.....	191
Aula 3.....	192
Aula 4.....	194
Aula 5.....	194
Aula 6.....	195
Aula 7.....	196
Aula 8.....	196
Aula 9.....	197
Aula 10.....	198
Aula 11.....	199
Aula 12.....	201
Referências Bibliográficas.....	212

## **Introdução**

Os exames de caráter internacional (PISA) e de caráter nacional (ENEM) mostram deficiências, por parte dos alunos, no que tange o Ensino de Ciências em nível fundamental e médio. Não só os alunos do ensino fundamental e médio apresentam deficiências, segundo a Academia Brasileira de Ciências a grande maioria dos estudantes, mesmo quando oriundos de escolas consideradas de boa qualidade, terminam sua educação básica e chegam ao ensino superior com graves deficiências em sua capacidade de fazer uso de informações e conhecimentos de tipo científico para entender o mundo que os circunda e resolver problemas e questões que lhes são colocados (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 2007, p.7).

No caso específico do ensino da Física inúmeras pesquisas têm como tema as dificuldades de aprendizagem (ARAÚJO; VEIT; MOREIRA, 2004; FIOLEAIS; TRINDADE, 2003; MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002; MOREIRA; KREY, 2006). Muitos desses estudos demonstram o fracasso generalizado do Ensino da Física em nossas escolas (ALMEIDA; BARROSO; FALCÃO, 2002). Para muitos a falta de interesse, ou a dificuldade, dos alunos em aprender Física é decorrente de um ensino tecnicista, baseado em resolução de problemas, pouco relacionado com o cotidiano dos alunos e, portanto, sem nenhum significado para eles (HARTMANN, 2007; DUARTE, 2006). Quais podem ser as possíveis soluções para melhorar a aprendizagem da Física?

Não acreditamos na existência de uma solução definitiva para o Ensino da Física, mas pensamos no uso do computador, alicerçado em um material de abordagem histórica, como algo que pode contribuir para a motivação dos alunos em estudar.

Existem evidências de que o enfoque histórico torna as ciências mais atrativas para muitos estudantes, em especial, para as meninas que, via de regra, fogem da Física (VANNUCCHI, 1996). Através da História da Ciência, fica mais fácil apresentar aos estudantes os procedimentos de investigação científica, em contraposição à definição positivista de “método científico” presentes em muitos livros didáticos. Assim, tem-se oportunidade de abordar tópicos tais como a variedade de interpretações racionais e plausíveis, que podem ser apresentadas para um mesmo conjunto de dados, a distinção clássica entre equações matemáticas, modelos e sua interpretação física (VANNUCCHI, 1996).

Já o uso do computador no Ensino de Física apresenta um balanço inegavelmente positivo. Não apenas por ele ser um instrumento que é hoje imprescindível a um ensino ativo, baseado na descoberta progressiva do conhecimento pelo aluno e na maior autonomia da sua aprendizagem, mas também porque, levantando novas questões e ressuscitando algumas questões antigas, relançou a discussão em torno de assuntos cruciais como as relações professor-aluno, aluno-aluno e o desenvolvimento das capacidades do professor e do aluno (FIOLHAIS; TRINDADE2003).

A seguir, pensando em ajudar o trabalho docente, apresentamos uma sugestão de aplicação do material.



## **Orientações ao professor**

Essas orientações objetivam auxiliar o professor no uso do material hipermídia de gravitação universal para o nível médio; trata-se apenas de uma sugestão, caso necessário o professor deve adaptar a aplicação do material à sua realidade. A hipermídia tem como tema gerador os satélites e como abordagem a história e filosofia da ciência. O uso integral do material possibilita o professor trabalhar uma boa parcela do conteúdo de mecânica clássica.

O material apresenta a evolução histórica dos conhecimentos de mecânica clássica de Aristóteles a Newton. Como o tema gerador são os satélites, inicialmente apresenta-se a definição do termo e os vários tipos de satélites artificiais existentes.

A sugestão a seguir sustenta-se no trabalho de Duarte (2006) e na forma como esse material foi utilizado durante a pesquisa realizada para elaboração de minha dissertação.

Planejou-se o uso do material em doze aulas de cinquenta minutos. A seguir, a proposta de aplicação do material.

### **Aula 1 – Tema: Satélites**

A apresentação do CD começa com uma parte do filme “2001 uma odisséia no espaço”. O trecho do filme apresentado traz coisas interessantes. Discuta com os alunos e enfatize a cena da caneta e da dificuldade que a "aeromoça" tem para caminhar. Tente encontrar, junto com os alunos, um

motivo para os pés da aeromoça aderirem ao chão. Por que ela anda meio "desengonçada"? O que faz com que nós aqui na Terra fiquemos com nossos pés fixos ao chão? Qual a diferença entre o que nos prende ao solo e o que prende a aeromoça à nave? Construa argumentos com os alunos sobre como o piloto, as pessoas da estação e o possível cinegrafista estão observando a entrada da nave. Discuta sobre sistemas de referência. Encontre outros exemplos. Tente construir argumentos sobre por que quando o filme foi gravado (década de 1970) se pensava que no ano de 2001 a humanidade teria tecnologias tão avançadas.

Posteriormente solicite aos alunos que respondam de forma dissertativa à pergunta: "O que é um satélite?". Logo após, apresente aos alunos uma lista de termos (Lua, Sol, nave orbitando em torno da Terra e telescópio) e solicite a marcação, com um "x", das opções que representam, em suas concepções, exemplos de satélites.

Após apresentar a definição do termo satélite, observe com os alunos a semelhança (no texto) das palavras "girar" e "orbitar". Chame a atenção para foto e animações e discuta sobre as possíveis respostas para a pergunta: você conhece algum outro exemplo de satélite?

Apresente a parte da hipermídia referente aos tipos de satélite: astronômicos, de comunicação, meteorológicos, militares, de navegação e de levantamento de recursos terrestres. Logo após, debata com os alunos as seguintes questões:

1 - Funções dos satélites e sobre missões tripuladas e destripuladas, enfatizando as diferenças.

2 - Pergunte aos alunos se eles já observaram uma transmissão de TV via satélite. Qual a diferença para uma transmissão que não usa satélites?

3 - Comente sobre os dois exemplos de satélites astronômicos e a diferença entre as fotos da mesma galáxia tirada em terra e pelo Hubble. Convide os alunos a observar as partes dos satélites e suas respectivas funções. Será

coincidência que o telescópio europeu se chame “Newton” e o norte-americano “Hubble”?

Como tarefa para casa solicite aos alunos que pesquisem e respondam às seguintes questões:

1 - Descreva as vantagens e desvantagens da comunicação via satélite. Por que esta forma de comunicação é melhor que a terrestre? Em que situação a terrestre é melhor? Qual o significado da palavra “geoestacionária”?

2 - Será coincidência que a primeira transmissão de TV via satélite tenha sido entre os Estados Unidos e a França? Por que não foi entre os Estados Unidos e a União Soviética? Qual o significado da palavra Telstar?

3 – Quantos e quais são os satélites brasileiros em órbita? Quais são as suas funções?

## **Aula 2 – Tema: Aristóteles**

Sugira aos alunos que efetuem a divisão da turma em grupos, de quatro alunos, aonde cada grupo deverá responder à pergunta: você sabe como se coloca um satélite artificial em órbita?

Posteriormente, apresente à turma a parte da hiperímia referente às idéias de Aristóteles sobre o Cosmo. Durante a apresentação faça as seguintes perguntas aos grupos:

É a Terra que gira em torno do Sol?

Como vocês sabem disso?

Por que observaram ou por que estudaram?

Como vocês acham que pensavam os gregos, uma vez que dispunham somente de suas observações a olho nu, ou seja, não tinham telescópios e nem livros de ciências?

A opção dos gregos pelo geocentrismo não é lógica?

Se o Sol aparenta girar em torno da Terra, o mesmo acontecendo com a Lua e as estrelas, o que os gregos poderiam concluir a partir dessas observações?

Após as perguntas comente com os alunos a diferença entre geocentrismo e heliocentrismo, enfatizando a coerência do modelo geocêntrico como reflexo de nossas observações. Comente com os alunos a necessidade de se acostumarem com os termos *geocentrismo* e *heliocentrismo*, pois serão muito utilizados.

Lembre aos alunos que os quatro elementos é uma herança dos filósofos pré-socráticos e não teve início com Aristóteles. Realize pequenos experimentos, como deixar objetos caírem, ou soprar um canudo com a outra extremidade dentro d'água. Peça que os alunos interpretem a subida das bolhas segundo o ponto de vista Aristotélico.

Como tarefa para casa solicite aos alunos que pesquisem e respondam a seguinte questão:

Se os movimentos violentos exigem uma causa, o que faria uma pedra continuar se movimentando mesmo depois de perder contato com a mão do lançador?

### **Aula 3 – Temas: Hiparco e Ptolomeu**

Inicie a aula com uma simples experiência: role uma bolinha no chão (ou cite o exemplo) e interprete a continuidade de seu movimento através da teoria

de Aristóteles. Posteriormente, apresente as idéias de Hiparco e peça para turma interpretar o movimento segundo o que Hiparco pensava.

Logo após, enfatize que, de acordo com Hiparco, a bola parou porque a força armazenada nela acabou e segundo Aristóteles ela parou porque a tendência de todo corpo é atingir seu estado natural de repouso. Consolidar com os alunos a idéia de que as teorias científicas não surgem de uma vez, mas são fruto da contribuição de muitas pessoas e que demoram a se consolidarem. E mesmo assim, estão sempre sujeitas a mudanças.

Continue a aula apresentando as idéias de Ptolomeu. Ressalte a importância de Ptolomeu para a concepção de universo da época. Observe que o sistema de círculos foi aperfeiçoado por Ptolomeu, mas foi fruto da contribuição de muitos astrônomos. Mostre um problema da teoria geocêntrica: o movimento retrógrado dos planetas. É bom que este problema seja bem enfatizado, para que os artifícios utilizados por Ptolomeu (epiciclos e deferentes) para salvar as aparências sejam entendidos.

É importante enfatizar o apego dos cientistas às suas teorias, afinal, ninguém quer ver a sua teoria sendo derrubada. Para não refutá-las, eles levantam hipóteses *ad hoc*, ou seja, artifícios que salvam a teoria.

Ressalte como o universo aristotélico-ptolomaico ia ao encontro dos dogmas da Igreja Católica. As idéias de um universo com a Terra imperfeita (pecadora) ao centro e de um céu perfeito e imutável movido por uma força divina era um panorama que fechava com o que pregava a Igreja Católica.

Como tarefa para casa solicite aos alunos que pesquisem e respondam as seguintes questões:

O que dizia a teoria do *Impetus*?

Por que o mundo sublunar era considerado imperfeito? Por que acima da esfera da Lua reinava a perfeição?

#### **Aula 4 – Tema: Nicolau Copérnico**

Comece a aula apresentando as idéias de Copérnico. Discuta com os alunos como a Renascença foi importante para o desenvolvimento das idéias de Copérnico. Lembre seus alunos que as novas idéias no campo da arte e da filosofia estimularam Copérnico a desenvolver seus trabalhos. Faça seus alunos refletirem sobre como o contexto, como nos mostra esse caso, influencia a ciência. Aproveite para chamar atenção que a religião também influencia a ciência. Pergunte a eles: O que mais pode influenciar o trabalho científico?

Faça no quadro o desenho que representa a explicação do movimento retrógrado dos planetas para um sistema Heliocêntrico. Através da construção do desenho no quadro, os alunos poderão entender melhor a explicação do movimento retrógrado dos planetas dentro do modelo copernicano (heliocêntrico).

Solicite aos alunos que observem na figura, presente na hiperímia, a comparação que Copérnico fez entre seu sistema e o ptolomáico. Enfatize o desenho dos epiciclos.

Como atividade de casa os alunos devem pesquisar sobre a renascença.

#### **Aula 5 – Tema: Tycho Brahe**

Inicie a aula com uma breve apresentação da biografia de Brahe presente na hiperímia. Em seguida, apresente o modelo planetário proposto por Brahe. Discuta com os alunos a sua habilidade de coletar dados. Ressalte que suas observações eram feitas a olho nu. Enfatize que a luneta do sextante era um tubo que servia apenas para mirar os astros, não tendo poder de ampliação. Assim sendo, os astros só podiam ser mapeados por suas posições angulares em relação ao horizonte.

Após a apresentação do modelo planetário proposto por Brahe solicite aos alunos a defesa, de forma escrita em seu caderno, do modelo planetário concebido por ele como correto.

Como atividade de casa solicite aos alunos o desenho, em cartolina, do modelo planetário de Brahe.

### **Aula 6 – Tema: Kepler**

Comece a aula apresentando a parte da hipermídia referente a Kepler. Durante a apresentação ressalte a importância e as dificuldades de Kepler em romper com os antigos ideais platônicos de movimento circular dos astros, tomados como verdade por Aristóteles, por Ptolomeu e até por Copérnico.

Discuta uma vez mais a importância da grande dupla Brahe e Kepler para o desenvolvimento da Astronomia. Sem as observações de Tycho ou sem a genial mente de Kepler, não teria havido a ruptura dos ideais platônicos do movimento circular e as Leis de Kepler não teriam sido desenvolvidas. Estas Leis foram indispensáveis para a formulação da Teoria da Gravitação Universal de Newton, que possibilitou a colocação de um satélite em órbita.

Após, solicite aos alunos que respondam algumas questões do livro texto sobre Kepler. Caso os alunos não tenham livro é interessante que você elabore uma lista de exercícios priorizando as leis de Kepler. Sugestões de questões:

- 1- Cite as leis de Kepler do movimento dos corpos celestes.
- 2 - Por que o período de translação do planeta Mercúrio em torno do Sol é menor que o da Terra ?
- 3 - Marte tem dois satélites: Fobos, que se move em órbita circular de raio 10000 km e período  $3 \cdot 10^4$  s, e Deimos, que tem órbita circular de raio 24000 km. Determine o período de Deimos.
- 4 - A Terra descreve uma elipse em torno do Sol cuja área é  $A=6,98 \cdot 10^{22}$  m<sup>2</sup>. Qual é a área varrida pelo raio que liga a Terra ao Sol entre 0,0 h do dia 1º de abril até 24 h do dia 30 de abril do mesmo ano.

Como atividade de casa solicite aos alunos uma redação, de no máximo vinte linhas, interpretando o poema de Olavo Bilac, presente na hipermídia na parte destinada a Kepler.

### **Aula 7 – Tema: Kepler**

Dedique essa aula para a correção dos exercícios referentes às leis de Kepler e para a realização de debate sobre o poema de Olavo Bilac.

Como atividade para casa os alunos devem pesquisar sobre: vida e obra de Galileu Galilei.

### **Aula 8 – Tema: Galileu Galilei**

Comece a aula apresentando a parte introdutória da hipermídia referente à vida de Galileu. Enfatize o espírito curioso e investigador de Galileu, bem como sua opção pelo modelo copernicano (heliocentrismo) do universo. É importante também ressaltar que, apesar de ser contemporâneo de Kepler, Galileu teve pouco contato com ele, e não reconheceu suas Leis. Uma vez mais, foi o trabalho de ambos que levou ao desenvolvimento da mecânica de Newton. Em outras palavras, sem os trabalhos de Galileu ou sem os de Kepler, Newton não teria construído a Lei da Gravitação Universal.

Convide os alunos a refletirem como se dá o movimento de um corpo em queda, procurando possíveis respostas para a experiência de queda da pedra na base da torre, apesar do movimento da Terra. Ressalte que esse exemplo da pedra caindo da torre foi usado como argumento pelos defensores do geocentrismo. E, portanto, para defender o sistema de Copérnico, Galileu precisava criar uma física que justificasse os resultados desta experiência.



Ressalte a genialidade de Galileu que não dispunha de instrumentos para medir o tempo. Lembre seus alunos que para medir o tempo ele usava a sua pulsação cardíaca (como se observa no filme presente na hipermídia na parte referente a Galileu). A medida de tempo era um problema para Galileu resolver, a pulsação cardíaca era muito imprecisa. Assim, ele acaba chegando ao relógio de água, que lhe fornece medidas de tempo bem mais precisas, e formula a Lei da Queda de Corpos que vigora até hoje.

### **Aula 9 – Tema: Continue falando sobre Galileu Galilei**

Inicie a aula lembrando algumas concepções da Física aristotélica como a proporcionalidade entre peso e velocidade de queda dos corpos. A impossibilidade de existência do vácuo foi também outra concepção aristotélica com a qual Galileu não concordava. Essas rupturas foram fundamentais para o desenvolvimento de uma Física que “unisse o Céu e a Terra”, possibilitando no futuro a colocação de um satélite em órbita. Lembre que Físicos sempre procuram essas uniões, que no fundo, acabam sendo simplificações. Galileu tinha a convicção da simplicidade. Hoje os Físicos estão tentando chegar a uma lei para todos os quatro tipos de força postuladas como forças existentes na natureza.

Chame atenção dos alunos para o fato de talvez a maior influência de Galileu, em sua época, ter sido dada por causa de suas observações astronômicas. Não foi Galileu o inventor do telescópio refrator, mas ele foi o primeiro a apontá-lo para o céu, ou seja, foi o primeiro a usá-lo para fins astronômicos. Após, divida a sala em grupos, de quatro alunos cada, e peça que os grupos confeccionem os modelos planetários: geocêntrico e heliocêntrico. A confecção dos modelos pode ser feito com material acessível, caso a escola não possua o material necessário, solicite aos alunos que busquem em casa os materiais, tais quais: papelão, arame, folhas de papel, cola, giz de cera, lápis de cor, etc.

Como atividade de casa solicite uma pesquisa, individual, sobre os fenômenos das marés.

### **Aula 10 – Tema: Isaac Newton**

Inicie a aula trabalhando a parte da hiperímia referente à vida e obra de Isaac Newton. Enfatize as dificuldades encontradas por Newton para conseguir, contra o desejo de sua mãe, continuar os estudos. Após, fale da primeira lei de Newton, enfatizando que às contribuições de Galileu e Descartes foram fundamentais para a consolidação desta lei. Relacione a primeira lei com fatos do cotidiano, tal como a utilidade do cinto de segurança nos automóveis.

Logo após, fale da segunda lei. Enfatize que a forma como a segunda lei é apresentada hoje  $F_R = m \cdot a$ , não foi a forma que Newton escreveu. Propicie aos alunos um pequeno debate baseando-se na seguinte questão: é bastante comum nos depararmos com a situação na qual um carro e um caminhão estão emparelhados aguardando o sinal verde do semáforo. Você sabe por que, quando o sinal fica verde, o carro quase sempre sai na frente, apesar de o caminhão ter um motor mais potente?

A seguir, apresente a terceira lei. Na parte introdutória da terceira lei temos três situações. Dedique um tempo maior a cada uma das situações e solicite aos alunos que interpretem cada situação sobre a luz da terceira lei. Após a interpretação da última situação, lançamento de um foguete, apresente o filme que mostra o lançamento de um ônibus espacial. Termine a apresentação da terceira lei questionando se a terceira lei é válida para movimentos no vácuo.

Como atividade para casa solicite aos alunos a elaboração de um texto narrativo sobre a parte da vida de Newton que chamou sua atenção.

## **Aula 11 – Tema: Lei de Newton da Gravitação Universal**

Inicie a aula apresentando a parte da hiperfídmia referente à lenda de que Newton postulou a lei da gravitação universal nos anos da peste negra, quando uma maçã lhe caiu sobre a cabeça.

Continue apresentando a experiência pensada por Newton para explicar porque a Lua não cai para a Terra, apesar de ser atraída pela força da gravidade para o centro do nosso planeta. Enfatize para os alunos que a lei também vale para os satélites artificiais que orbitam sob ação da gravidade terrestre.

O próximo passo é apresentar a famosa equação. A dedução desta equação (Lei da Gravitação newtoniana) pode não ser simples para estudantes do Ensino Médio, porém requer uma matemática acessível a tais alunos. Vejamos agora uma dedução:

Para um planeta de massa **m**, movendo-se aproximadamente em um círculo de raio **r** em torno do Sol, com velocidade **v**, há uma força **F** cujo valor é:

$$F = ma = m \cdot v^2/r$$

Se **T** é o período, ou tempo que o planeta leva para descrever um arco de 360°, então durante o tempo **T** ele percorre uma vez a circunferência de raio **r** e comprimento **2πr**. Portanto, a velocidade **v** é **2πr/T**, e:

$$F = ma = mv^2 \cdot 1/r = m (2\pi r/T)^2 \cdot 1/r = m \cdot (4\pi^2 r^2/T^2) \cdot 1/r$$

$$F = m \cdot (4\pi^2 r^2 / T^2) \cdot 1/r \cdot r/r^* = 4\pi^2 m \cdot r^3 / T^2 \cdot r^2 = (4\pi^2 m / r^2) \cdot (r^3 / T^2)$$

Como, pela Terceira Lei de Kepler,  $r^3/T^2$  tem o mesmo valor **K** para qualquer planeta do Sistema Solar:

$$F = (4\pi^2 m / r^2) \cdot K = 4\pi^2 \cdot K \cdot m / r^2$$

O raio **r** da órbita circular corresponde na realidade a **D**, distância média de um planeta ao Sol. Portanto, para qualquer planeta, a força que o mantém em órbita é:

$$F = 4\pi^2 \cdot K \cdot m / D^2$$

Até aí podem a Matemática e a Lógica conduzir um homem de superior grandeza de espírito, mas Newton foi além. Ele escreveu a equação acima de outra forma:

$$F = (4\pi^2 \cdot K / M_s) \cdot M_s m / D^2, \text{ onde } M_s \text{ é a massa do Sol}$$

A quantidade  $4\pi^2 \cdot K / M_s = G$ , ou seja, a Constante de Gravitação Universal, e a Lei

---

\* Esta quantidade  $r/r$  é apenas um artifício matemático de valor 1, inserido apenas para viabilizar a operação.

$$F = G \cdot M_s m / D^2$$

não tem sua aplicação limitada à ação entre o Sol e um planeta, mas se aplica a cada par de objetos no universo, tornando as massas  $M_s$  e  $m$  em  $m_1$  e  $m_2$ :

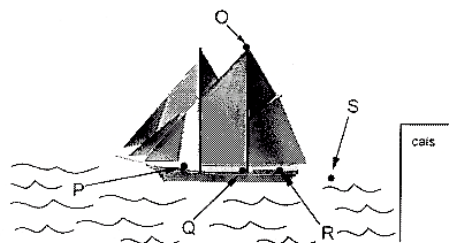
$$F = G \cdot m_1 m_2 / D^2$$

Como atividade de casa solicite uma pesquisa sobre a aplicabilidade da lei da gravitação universal de Newton nos dias atuais.

### **Aula 12 – Tema: Leis de Newton e lei de Newton para Gravitação Universal**

Destine a aula para resolução de exercícios sobre as leis de Newton e a lei de Newton para gravitação universal. Seguem algumas questões que podem ser utilizadas:

**01 - (UERJ RJ)** A figura abaixo representa uma escuna atracada ao cais.



Deixa-se cair uma bola de chumbo do alto do mastro-ponto O. Nesse caso, ela cairá ao pé do mastro - ponto Q. Quando a escuna estiver se afastando do cais, com velocidade constante, se a mesma bola for abandonada do mesmo ponto O, ela cairá no seguinte ponto da figura:

- a) P
- b) Q
- c) R
- d) S

**02 - (UFLavras/01)** Considerando uma partícula em movimento que satisfaça à 1ª Lei de Newton, Lei da Inércia, é CORRETO afirmar que:

- a) o movimento é um MCU - movimento circular uniforme.
- b) a força resultante que atua sobre a partícula é sempre perpendicular à direção do movimento.
- c) é condição suficiente que o módulo da velocidade seja constante.
- d) a aceleração da partícula é constante.
- e) o momento linear é constante em módulo, direção e sentido.

**03 - (Feevalle RS)** A sonda espacial Galileo, o "veículo" mais rápido que o homem já construiu, viaja pelo espaço com velocidade de 7 km/s. Considere as seguintes afirmativas a respeito do movimento da sonda no espaço.

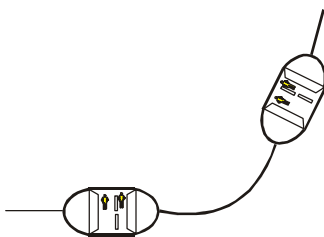
- I. Enquanto a força resultante que atua sobre a sonda for nula, então esta permanecerá se movimentando com velocidade constante em módulo, direção e sentido.
- II. Se uma força resultante atuar perpendicularmente à velocidade da sonda, ainda assim, a velocidade permanecerá constante em módulo.

III. Se uma força resultante atuar na mesma direção da velocidade da sonda, o movimento será retilíneo, e o módulo da velocidade poderá aumentar ou diminuir.

Em relação às afirmativas, podemos afirmar que

- a) apenas a I está correta.
- b) apenas a II está correta.
- c) apenas a I e a II estão corretas.
- d) apenas a I e a III estão corretas.
- e) a I, a II e a III estão corretas.

**04 - (Uni-Rio RJ)** O passageiro de um táxi vem sentado no banco traseiro, bem atrás do motorista. De repente, o táxi faz uma curva fechada para a esquerda e o passageiro, que estava distraído, acaba atirado para a direita do motorista. Essa situação pode ser explicada pelo princípio da(o):



- a) inércia
- b) interferência
- c) ação e reação
- d) retorno inverso

e) conservação da energia

**05 - (UFMG MG)** Uma pessoa entra num elevador carregando uma caixa pendurada por um barbante frágil, como mostra a figura. O elevador sai do 6<sup>o</sup> andar e só pára no térreo.



É correto afirmar que o barbante poderá arrebentar

- a) no momento em que o elevador entrar em movimento, no 6<sup>o</sup> andar.
- b) no momento em que o elevador parar no térreo.
- c) quando o elevador estiver em movimento, entre o 5<sup>o</sup> e o 2<sup>o</sup> andares.
- d) somente numa situação em que o elevador estiver subindo.

**06 - (Unicamp PR)** Nos quadrinhos acima, Garfield enunciou parte da 1<sup>a</sup> Lei de Newton (Lei da Inércia).



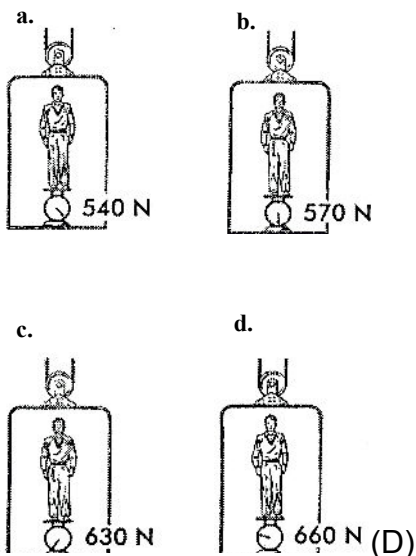


Complementando tal lei, outro caso de equilíbrio é o \_\_\_\_\_ no qual a força resultante que atua sobre o corpo também é \_\_\_\_\_.

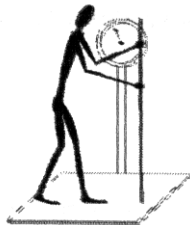
Escolha a alternativa que melhor completa os espaços deixados no texto acima:

- a) movimento circular uniforme; centrípeta;
- b) movimento uniformemente variado; variável;
- c) movimento retilíneo uniforme; nula;
- d) movimento circular uniforme; nula;
- e) movimento retilíneo uniforme; variável.

**07 - (UERJ RJ)** Uma balança na portaria de um prédio indica que o peso de Chiquinho é de 600 newtons. A seguir, outra pesagem é feita na mesma balança, no interior de um elevador, que sobe com aceleração de sentido contrário ao da aceleração da gravidade e módulo  $a = g/10$ , em que  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Nessa nova situação, o ponteiro da balança aponta para o valor que está indicado corretamente na seguinte figura:

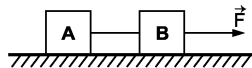


**08 - (UEL PR/Janeiro)** Uma pessoa apóia-se em um bastão sobre uma balança, conforme a figura abaixo. A balança assinala 70kg. Se a pessoa pressiona a bengala, progressivamente, contra a balança, a nova leitura:



- a) Indicará um valor maior que 70kg.
- b) Indicará um valor menor que 70kg.
- c) Indicará os mesmos 70kg.
- d) Dependerá da força exercida sobre o bastão.
- e) Dependerá do ponto em que o bastão é apoiado na balança.

**09 - (Fatec SP)** Dois blocos A e B de massas 10 kg e 20 kg, respectivamente, unidos por um fio de massa desprezível, estão em repouso sobre um plano horizontal sem atrito. Uma força, também horizontal, de intensidade  $F = 60\text{N}$  é aplicada no bloco B, conforme mostra a figura.



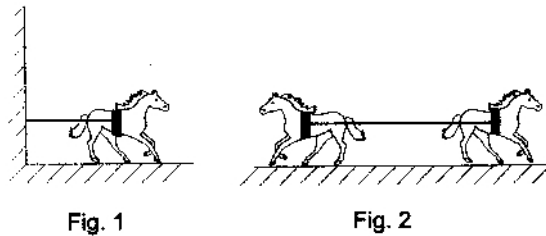
O módulo da força de tração no fio que une os dois blocos, em newtons, vale

- a) 60.
- b) 50.
- c) 40.

d) 30.

e) 20.

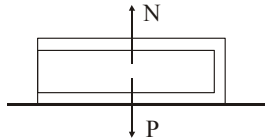
**10 - (UFFluminense RJ)** Um fazendeiro possui dois cavalos igualmente fortes. Ao prender qualquer um dos cavalos com uma corda a um muro (Fig. 1), observa que o animal, por mais que se esforce, não consegue arreventá-la. Ele prende, em seguida, um cavalo ao outro, com a mesma corda. A partir de então, os dois cavalos passam a puxar a corda (Fig. 2) tão esforçadamente quanto antes.



A respeito da situação ilustrada pela Fig. 2, é correto afirmar que:

- a) A corda arreventa, pois não é tão resistente para segurar os dois cavalos.
- b) A corda pode arreventar, pois os dois cavalos podem gerar, nessa corda, tensões até duas vezes maiores que as da situação da Fig. 1.
- c) A corda não arreventa, pois a resultante das forças exercidas pelos cavalos sobre ela é nula.
- d) A corda não arreventa, pois não está submetida a tensões maiores que na situação da Fig. 1.
- e) Não se pode saber se a corda arreventa ou não, pois nada se disse sobre sua resistência.

**11 - (Uni-Rio RJ)** Um livro está em repouso num plano horizontal. A força peso,  $\vec{P}$ , e a ação normal da superfície de apoio sobre o livro,  $\vec{N}$ , estão representadas na figura sobre o livro. A força  $\vec{Q}$  que o livro exerce sobre a superfície não está representada.



Considere as afirmações:

- I. a primeira lei de Newton nos permite concluir que  $|\vec{N}| = |\vec{P}|$ ;
- II. através da terceira lei de Newton podemos afirmar que  $\vec{N}$  é a reação ao peso  $\vec{P}$  ;
- III. a terceira lei de Newton nos permite concluir que  $|\vec{N}| = |\vec{Q}|$ ;

A(s) afirmação(ões) verdadeira(s) é(são):

- a) II apenas
- b) I e II apenas
- c) I e III apenas
- d) II e III apenas
- e) I, II e III

**12 - (PUC RS/Janeiro)** No estudo das leis do movimento, ao tentar identificar pares de forças de ação-reação, são feitas as seguintes afirmações:

- I. **Ação:** A Terra atrai a Lua.

**Reação:** A Lua atrai a Terra.

II. **Ação:** O pulso do boxeador golpeia o adversário.

**Reação:** O adversário cai.

III. **Ação:** O pé chuta a bola.

**Reação:** A bola adquire velocidade.

IV. **Ação:** Sentados numa cadeira, empurramos o assento para baixo.

**Reação:** O assento nos empurra para cima.

O princípio da ação-reação é corretamente aplicado:

- a) somente na afirmativa I.
- b) somente na afirmativa II.
- c) somente nas afirmativas I, II e III.
- d) somente nas afirmativas I e IV.
- e) nas afirmativas I, II, III e IV.

**13 - (Cefet GO)** Sobre as Leis de Newton para a Mecânica Clássica, julgue os itens a seguir, colocando V para os verdadeiros e F para os falsos.

- a) Quando uma gaveta é puxada para ser aberta, pode-se afirmar que a ação supera a reação; caso contrário, a gaveta não abriria.
- b) A Segunda Lei de Newton diz que as acelerações são proporcionais às forças que as produzem. Porém, é incorreto dizer o contrário, isto é, que as forças são proporcionais às acelerações que produzem.

- c) As Leis de Newton são verificadas para observadores em repouso ou com aceleração vetorial nula em relação a um sistema de referência inercial.
- d) Não é necessária a atuação de uma força para manter um objeto em movimento retilíneo uniforme.

**14** - Enuncie a lei da gravitação universal proposta por Isaac Newton.

**15** - As afirmativas seguintes costumam ser feitas por pessoas que não conhecem muito bem a Lei da Gravitação Universal. Apresente argumentos, que mostrem que estas afirmativas não são corretas.

a) "A força de atração da Terra sobre um satélite artificial é nula, porque eles estão muito afastados de seu centro."

b) "Um foguete não será mais atraído pela Terra quando ele chegar a regiões fora da atmosfera terrestre."

**16** - Calcule a força de atração gravitacional entre o Sol e a Terra. Dados: massa do Sol =  $2 \cdot 10^{30}$  kg, massa da Terra =  $6 \cdot 10^{24}$  kg, distância entre o centro do Sol e o centro da Terra =  $1,5 \cdot 10^{11}$  m e  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

**17** - Dois navios de 300.000 toneladas cada estão separados por uma distância de 100 metros entre seus centros de massa. Calcule o valor da força de atração gravitacional entre eles. Dado:  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ .

**18** - Determine a força de atração gravitacional da Terra sobre a Lua, sendo dados: massa da Lua =  $1 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ ; massa da Terra =  $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ; distância do centro da Terra ao centro da Lua =  $4 \cdot 10^5 \text{ km}$ ;  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ .

## **Referências Bibliográficas**

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. O Ensino de Ciências e a Educação Básica: Propostas para superar a crise. ABC, 2007.

DIAS, P. M. C.; MAGALHÃES, M. de F.; SANTOS, W. M. S. Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n.4, p.489-496, dez. 2002.

DUARTE, R. C. B. Módulo de mecânica newtoniana com uso de abordagem CTS – Histórica. 2006. 231f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – PPGE, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, setembro. 2003.

HARTMANN, A. M. Desafios e possibilidades da interdisciplinaridade no ensino médio. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 28, n.3, p.353-360, set. 2006.

VANNUCCHI, A. I. História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula. 1996. 131 f. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.