

**Universidade Estadual Paulista-UNESP
Faculdade de Filosofia e Ciências-Campus de Marília**

**AVALIAÇÃO DA HIPERMÍDIA NO PROCESSO
DE ENSINO E APRENDIZAGEM
DA FÍSICA: O CASO DA GRAVITAÇÃO**

Daniel Iria Machado

**Marília-SP
2000**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)

FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS - CAMPUS DE MARÍLIA

Programa de Pós-Graduação em Educação - Área de Concentração: Ensino na Educação Brasileira

1410001040



DANIEL IRIA MACHADO

**AVALIAÇÃO DA HIPERMÍDIA NO PROCESSO
DE ENSINO E APRENDIZAGEM
DA FÍSICA: O CASO DA GRAVITAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Área de Concentração: Ensino na Educação Brasileira, da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Marília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Plácida L. V. A. da Costa Santos

Marília - SP

2000



Membros da Banca Examinadora:

Profª Drª Plácida L. V. A. da Costa Santos
Orientadora

Profª Drª Miriam Foresti

Prof. Dr. Roberto Nardi

AGRADECIMENTOS

A professora Plácida, pela confiança, estímulo, apoio e orientação constante durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A Graça Faro, pelo apoio, paciência e carinho.

A minha mãe, pelo incentivo e apoio.

Às pessoas do Grupo de Pesquisa Novas Tecnologias em Informação, pelo incentivo, estímulo e convivência positiva.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Educação da UNESP, pela oportunidade de estudos, reflexões e troca de ideias.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Educação da UNESP, pela companhia, apoio e troca de ideias.

À professora Marilene, pelos artigos sobre aprendizagem e ideias para o desenvolvimento do trabalho.

À professora Vera, pela tradução do resumo para o inglês.

À professora Marlene Reis, pelo apoio e cedia das turmas para a realização do experimento de ensino.

Aos alunos do Colégio Estadual Presidente Costa e Silva, pela participação e colaboração no experimento de ensino.

Aos professores que contribuíram na avaliação do *courseware* *Gratificação Universal*.

Aos professores Roberto Nardi e Mariana Foresti, pela participação na banca e pelas sugestões relacionadas ao trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

À todos os pesquisadores e educadores que trabalham
para o desenvolvimento da consciência humana.

AGRADECIMENTOS

À professora Plácida, pela confiança, estímulo, apoio e orientação constante durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

À Denise Paro, pelo apoio, paciência e carinho.

À meus pais, pelo incentivo e apoio.

Ao pessoal do Grupo de Pesquisa Novas Tecnologias em Informação, pelo intercâmbio de idéias e convivência positiva.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Educação da UNESP, pela oportunidade de estudos, reflexões e troca de idéias.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Educação da UNESP, pelo companheirismo e troca de idéias.

Ao professor Mardem, pelos artigos sobre hipermídia e idéias para o desenvolvimento do trabalho.

À professora Vera, pela tradução do resumo para o inglês.

À professora Marlene Reis, pelo apoio e cessão das turmas para a realização do experimento de ensino.

Aos alunos do Colégio Estadual Presidente Costa e Silva, pela participação e colaboração no experimento de ensino.

Aos professores que contribuíram na avaliação do *courseware* Gravitação Universal.

Aos professores Roberto Nardi e Mariam Foresti, pela participação na banca e pelas contribuições oferecidas ao trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Em um contexto no qual ciência e tecnologia encontram-se com grande desenvolvimento, e a informática se faz cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas, a hipermídia destaca-se como um recurso que oferece amplas perspectivas para o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem. A hipermídia é uma tecnologia estreitamente associada ao desenvolvimento dos computadores que permite o acesso não-linear à informação de um grande banco de conhecimentos contendo textos, imagens, gráficos, filmes, animações e sons. Isto é realizado mediante a utilização de palavras-chave no texto ou ícones que, ao serem acionados, conduzem a outro documento em que um tema relacionado à palavra selecionada é desenvolvido. Estas características possibilitam a exploração ativa de conhecimentos por parte dos estudantes, que podem estabelecer diversas associações entre assuntos inter-relacionados e ampliar sua visão sobre um determinado tema de estudo, com a integração de novos conceitos em sua estrutura cognitiva. Além dos aspectos intelectivos e racionais, a linguagem audiovisual presente na hipermídia possibilita trabalhar também com os aspectos afetivos e motivacionais da aprendizagem. Objetivando a avaliação da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da Física no ensino médio, foi desenvolvido, aplicado e avaliado o *software* hipermídia *Gravitação Universal*. No *software* constam os aspectos principais da teoria da Gravitação, assim como exemplos e problemas importantes para o entendimento dos conceitos expostos, em uma abordagem na qual a aprendizagem é enfocada como um processo de construção de conhecimentos, com base nas recentes pesquisas em ensino de Ciências. O *software* foi aplicado em uma turma do segundo ano do ensino médio, que constituiu o grupo experimental. Um conteúdo semelhante foi ministrado pelo mesmo professor, com o apoio de uma apostila e sem o computador, em uma outra turma do segundo ano do ensino médio, que constituiu o grupo de controle. Nas duas turmas foi realizada uma aferição da aprendizagem a partir de trabalhos realizados em sala de aula. Os comportamentos e reações dos estudantes a cada aula foram registrados a partir de observações do professor. No grupo experimental foi aplicado também um questionário para aferir a opinião dos estudantes sobre o uso da hipermídia no ensino de Física. O *software* foi avaliado por professores de Física com a utilização de uma ficha contendo itens relativos à fundamentação científica dos conteúdos, embasamento pedagógico e aspectos técnicos do programa. Foram reunidas evidências de que o emprego da hipermídia possibilita a ocorrência da aprendizagem dos conceitos de Física de forma motivadora e significativa para os alunos do ensino médio.



ABSTRACT

In a context in which science and technology are greatly developed, and the computer science is more and more present in people's daily life, hypermedia stands out as a resource that offers ample perspectives to the improvement of the teaching and learning process. Hypermedia is a technology strictly associated to computers that permits non-linear access to the information of a big knowledge bank containing texts, images, graphics, films, animations and sounds. This is made by using key words in the text or icons that, when activated, conduct to another document in which a theme related to the selected word is developed. These characteristics permit the students the active exploration of knowledge. They can establish various connections among inter-related subjects and enlarge their view about a specific theme of study, adding new concepts to their cognitive structure. Apart from the intellectual and rational aspects, the audio-visual language that is present in hypermedia also permits working with the affective and motivational aspects of learning. Aiming at the evaluation of hypermedia in the teaching and learning process of Physics in secondary school, the hypermedia software *Universal Gravitation* was developed, applied and evaluated. The main aspects of the Gravitation Theory are included in it, together with important examples and problems for understanding the concepts that were explained, in an approach in which the learning process is focused as a process of knowledge construction, based on the recent researches in Science teaching. The software was applied in a group of the second year of the secondary school, which formed the experimental group. The same teacher taught a similar content, with the support of a booklet and without the computer, to another group of the second year of the secondary school, which formed the control group. In both groups the apprenticeship was measured from the tasks done in the classroom. The behavior and reactions of the students were recorded from the observations performed by the teacher. In the experimental group, a questionnaire was also applied to measure the opinion of the students about the use of hypermedia in Physics teaching. Physics professors evaluated the software using a form containing items related to the scientific foundations of the contents, pedagogical basis and technical aspects of the program. It was demonstrated that the use of hypermedia makes possible the occurrence of the apprenticeship of Physics concepts in a motivating and meaningful manner by the students of secondary school.



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. ENSINO DE CIÊNCIAS EM UMA ABORDAGEM CONSTRUTIVISTA	13
1.1. Considerações sobre o Ensino de Ciências	13
1.2. O Ensino Construtivista	17
1.2.1. A Abordagem de Piaget	18
1.2.2. A Abordagem de Ausubel	21
1.3. Psicogênese e o Ensino de um Conceito	23
1.4. Concepções Espontâneas e o Processo de Mudança Conceitual	24
1.5. A História da Ciência	30
1.6. Ciência, Tecnologia e Sociedade	34
1.7. A Resolução de Problemas	39
1.8. Ensino de Física e Hipermídia	41
2. A HIPERMÍDIA NO CONTEXTO EDUCACIONAL	44
2.1. Conceitos Básicos da Hipermídia	44
2.2. Evolução das Tecnologias da Multimídia e Hipertexto	46
2.3. A Hipermídia e o <i>Software</i> Educacional	54
2.4. Características da Hipermídia	58
2.4.1. Características Gerais	58
2.4.2. Hipermídia enquanto Instrumento para Conexões	61
2.4.3. Modularização de Idéias Propiciada pelos Nós da Hipermídia	62
2.4.4. Analogia com as Redes Semânticas	63
2.4.5. Características da Hipermídia Educativa	65
2.5. Classificação dos Sistemas Hipermídia	68
2.6. Vantagens e Desvantagens da Hipermídia	73
2.7. Desenvolvimento de Sistemas Hipermídia	80
2.8. Princípios Cognitivos no Desenvolvimento de Sistemas Hipermídia Educacionais	92
2.9. Avaliação de Sistemas Hipermídia	95
3. ABORDAGEM SEMIÓTICA DA HIPERMÍDIA	100
3.1. Introdução	100
3.2. Elementos Básicos da Semiótica Peirceana	101
	III



3.2.1. Primeiridade, Secundidade e Terceiridade	102
3.2.2. Estrutura Triádica do Signo	103
3.2.3. Tricotomias	106
3.3. Linguagens de Comunicação	108
3.4. Leitura de Signos	113
3.5. A Hipermídia enquanto <i>Interface</i>	115
3.6. Implicações da Hipermídia para a Educação	118

4. DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO

DE UM COURSEWARE DE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO	121
4.1. Desenvolvimento do <i>Courseware</i> Gravitação Universal	121
4.1.1. Etapas no Desenvolvimento do <i>Courseware</i>	124
4.1.2. Módulos que Compõem o <i>Courseware</i>	128
4.1.3. Características e Recursos Principais do <i>Courseware</i>	134
4.2. Aplicação e Avaliação do <i>Courseware</i> Gravitação Universal	151
4.2.1. Aplicação do <i>Courseware</i>	151
4.2.2. Avaliação da Hipermídia	153
4.3. Resultados da Avaliação da Hipermídia	154
4.3.1. Observações em Sala de Aula	154
4.3.2. Aferição da Aprendizagem	156
4.3.3. Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o uso da Hipermídia no Curso de Física	159
4.3.4. Ficha de Avaliação do <i>Courseware</i> Hipermídia Gravitação Universal	164

5. CONCLUSÃO

5.1. Recomendações Metodológicas	169
5.2. Implicações Pedagógicas	172

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Anexo 1 - Mapa da Estrutura do <i>Courseware</i>	181
Anexo 2 - Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o Uso da Hipermídia no Curso de Física	182
Anexo 3 - Ficha de Avaliação do <i>Courseware</i> Hipermídia Gravitação Universal	184



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 - Relações em um sistema hipermídia	45
Figura 2.2 - Uma rede semântica	63
Figura 2.3 - Sistema hipermídia nó-link	71
Figura 2.4 - Sistema hipermídia estruturado	72
Figura 2.5 - Sistema hipermídia hierárquico	73

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Tela do <i>Authorware</i> no modo de autoria	127
Figura 4.2 - Tela de abertura do <i>courseware</i>	128
Figura 4.3 - Tela introdutória do módulo <i>Leis de Kepler</i>	129
Figura 4.4 - Tela introdutória do módulo <i>Lei da Gravitação Universal</i>	130
Figura 4.5 - Tela final do problema 11 do módulo <i>Lei da Gravitação Universal</i>	131
Figura 4.6 - Tela introdutória do problema 6 do módulo <i>Leis de Kepler</i>	131
Figura 4.7 - Tela introdutória do módulo <i>Ciência, Tecnologia e Sociedade</i>	132
Figura 4.8 - Tela introdutória do módulo <i>Ciência em Foco</i>	133
Figura 4.9 - Tela introdutória do módulo <i>História da Ciência</i>	133
Figura 4.10 - Tela introdutória do módulo <i>Personalidades</i>	134
Figura 4.11 - Painel de Controle do <i>Courseware</i> <i>Gravitação Universal</i>	136
Figura 4.12 - Tela final do exemplo 2, exibindo o ícone <i>Veja Também</i>	136
Figura 4.13 - Tela mostrando o menu contendo <i>links</i> com tópicos inter-relacionados ao exemplo 2	137
Figura 4.14 - Tela do problema 3 exibindo o botão <i>Dica</i>	138
Figura 4.15 - Tela exibindo o texto explicativo que surge pressionando-se o botão <i>Dica</i>	138
Figura 4.16 - Tela exibindo o botão <i>Continuar</i>	139
Figura 4.17 - Tela exibindo o texto que se segue pressionando o botão <i>Continuar</i>	140
Figura 4.18 - Tela apresentando botões para o controle de um vídeo	140
Figura 4.19 - Tela com mais informações sobre sondas espaciais	141
Figura 4.20 - Tela exibindo <i>links</i> na abertura do módulo <i>Lei da Gravitação Universal</i>	141
Figura 4.21 - Tela introdutória do exemplo 3	142
Figura 4.22 - Tela mostrando um elemento (em vermelho) sendo movimentado pelo computador	142

Figura 4.23 - Tela mostrando o elemento em movimento na figura anterior na posição de destino	143
Figura 4.24 - <i>Link</i> para o problema 10 do módulo <i>Lei da Gravitação Universal</i>	143
Figura 4.25 - Tela introdutória do problema 10 do módulo <i>Lei da Gravitação Universal</i>	144
Figura 4.26 - Tela introdutória do problema 2 do módulo <i>Lei da Gravitação Universal</i>	145
Figura 4.27 - Tela do problema 2 exibindo os elementos ativos em vermelho	145
Figura 4.28 - Elemento sendo arrastado na retirada de dados	146
Figura 4.29 - Elemento encaixado incorretamente na retirada de dados	146
Figura 4.30 - Orientação do computador após o retorno do número incorreto à posição original	147
Figura 4.31 - Número sendo encaixado na posição correta, com a orientação do computador	147
Figura 4.32 - Tela exibindo a seta indicando o local para onde a fórmula correta deve ser arrastada	148
Figura 4.33 - Tela mostrando os espaços para a substituição das variáveis	148
Figura 4.34 - Tela apresentando o espaço para a entrada do resultado final	149
Figura 4.35 - Tela mostrando a calculadora	149
Figura 4.36 - Tela mostrando o resultado final digitado	150
Figura 4.37 - Tela final do problema 2, com a resposta confirmada pelo computador	150
Figura 4.38 - Tela final do problema 2, exibindo o bloco de notas	151
Figura 4.39 - Respostas das 24 perguntas sobre a Física de Avaliação da Curadoria Hipemídia Gravitação Universal	164
Figura 4.40 - Índices de Consistência para cada integral considerada na FAC	166
Figura 4.41 - Respostas dos avaliadores ao item 24 da FAC	166

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 - Notas médias obtidas pelas turmas fora do período experimental	157
Tabela 4.2 - Resultados do tratamento estatístico das notas médias obtidas pelas turmas fora do período experimental	157
Tabela 4.3 - Notas médias obtidas pelas turmas durante o período experimental	158
Tabela 4.4 - Resultados do tratamento estatístico das notas médias obtidas pelas turmas durante o período experimental	158
Tabela 4.5 - Respostas ao <i>Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o uso da Hiperídia no Curso de Física</i>	159
Tabela 4.6 - Índice de aprovação quanto à utilização da hiperídia no curso de Física pelos estudantes	160
Tabela 4.7 - Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos técnicos do <i>courseware</i>	161
Tabela 4.8 - Índice de aprovação dos estudantes quanto à possibilidade de aprendizagem com apoio do <i>courseware</i>	161
Tabela 4.9 - Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos motivacionais e lúdicos do <i>courseware</i>	161
Tabela 4.10 - Respostas aos 24 primeiros itens da Ficha de Avaliação do <i>Courseware</i> Hiperídia Gravitação Universal	164
Tabela 4.11 - Índices de Concordância para cada categoria considerada na FAC	165
Tabela 4.12 - Respostas dos avaliadores ao item 25 da FAC	166



INTRODUÇÃO

Uma característica marcante da sociedade atual é o intenso desenvolvimento científico e tecnológico, com um crescente emprego de tecnologias que modificam o modo como o homem interage com o meio e as próprias relações do homem entre si, resultando em novas formas de ver o mundo.

Temos hoje televisões que captam imagens de todas as partes do mundo com transmissões via satélite, TV por assinatura, TV a cabo, terminais de computadores com acesso a bancos de dados nacionais e internacionais pela *Internet*, telefones celulares, telefones públicos inteligentes ligados a centrais automatizadas, *videogames*, fibras-ópticas, tudo isto se incorporando ao cotidiano das pessoas.

Na década de 60 o cientista da informação Marshall McLuhan (Apud Lima, 1973) previa a derrubada de fronteiras pelo poder da comunicação, com os meios ultra-rápidos de comunicação à distância tais como o rádio, o telefone e a televisão, ligando o mundo inteiro numa ampla rede de circuitos elétricos, com uma nova postura dos indivíduos frente aos acontecimentos. Hoje isto parece estar concretizado pois, como expõe Pretto (1996:28),

vivemos numa sociedade planetária, com a circulação de informações constituindo-se num dos seus pilares básicos, referenciada por imagens que são produzidas ininterruptamente e que circulam por todo mundo, quase que instantaneamente. É a sociedade do mass media, a sociedade da comunicação generalizada, que está introduzindo modificações profundas no conjunto de valores da humanidade, estabelecendo uma nova ordem, com consequências ainda não plenamente identificadas.

McLuhan previa também que uma central de computadores forneceria a seus consultores qualquer informação que a humanidade tivesse disponível. Hoje estamos perto disto, com a rede de computadores interligada por meio da *Internet*, sendo alimentada com todo o tipo de informação.

A informática tem, desde o seu surgimento, apresentado um grande desenvolvimento, em decorrência da revolução da microeletrônica - que permitiu a queda nos custos - e de sua integração com as telecomunicações.

Em diversos países é cada vez mais comum a presença do computador nos supermercados, nos bancos, nas indústrias, nos escritórios, na medicina e também na educação. Hoje compra-se pela *Internet* e exige-se cada vez mais conhecimentos de informática dos profissionais. Isto permite a melhoria da organização e a agilização de serviços realizados, graças ao apoio da máquina.

Estamos vivenciando a chamada aldeia global, dado o nível em que se encontra o desenvolvimento dos recursos de comunicação e da informática. Em nenhum período da história o homem teve tantas possibilidades de transportar e comunicar idéias como hoje, devido ao desenvolvimento dos recursos dos meios de comunicação em associação crescente aos recursos da informática, constituindo a telemática.

A aproximação entre indústrias diversas, tais como de equipamentos, eletrônica, informática, telefone, cabos, satélites, entretenimento e comunicação está viabilizando o aperfeiçoamento das tecnologias da comunicação e aumentando as possibilidades de comunicação entre as pessoas.

As novas tecnologias apresentam grande potencial para o aperfeiçoamento das atividades educacionais e a modernização da escola, com a introdução de novos recursos que podem favorecer a aproximação com a realidade em que os estudantes se encontram inseridos, uma vez que se encontram em contato permanente com os meios de comunicação e as tecnologias em geral no dia-a-dia.

A comunicação é um aspecto fundamental da educação, pois envolve a transmissão e recepção de informações a partir de diversos meios, podendo incluir a leitura de textos, a exibição de filmes, o uso de programas de computador, o acesso a grandes bancos de dados informatizados, a consulta a livros de bibliotecas, recortes de jornal e revistas, dentre outros, além da interação verbal entre professores e alunos.

Na comunicação ocorre o fluxo de informações provenientes de fontes diversas, que serão reelaboradas na atividade educacional. As novas tecnologias da comunicação permitem que o fluxo da informação se processe de modo mais rápido e eficiente e, neste processo, o computador vem desempenhando um papel de destaque, possibilitando a integração de diversos meios de comunicação, reunindo em um único meio textos, imagens, filmes, sons, e



recursos interativos para a conexão dos indivíduos à distância e para o acesso a fontes de informação no mundo todo, por intermédio de grandes redes.

O trabalho educativo com todos estes meios, além de ampliar as possibilidades de ensino e aprendizagem, permite que este processo estenda-se após o período escolar, pelo resto da vida do estudante, pois o mesmo aprenderá a adquirir novos conhecimentos a partir dos meios de comunicação com os quais estará continuamente em contato.

Os meios que as modernas tecnologias de comunicação nos colocam à disposição oferecem possibilidades maiores para a aprendizagem na medida em que propiciam outras formas do educando reelaborar a informação de forma ativa e criativa, expressando um trabalho de reflexão pessoal. Como expõe Gutierrez (1978:37-8), isto é o que permite a verdadeira incorporação de novos conhecimentos e habilidades:

É imprescindível que o perceptor, além de perceber, interprete o estímulo. Isto, em termos de comunicação, equivale a dizer que o perceptor não somente deve perceber, mas, também, possuir as possibilidades para interpretar ou decodificar o estímulo. Não poderemos falar de aprendizagem propriamente se não houver resposta ou mudança de conduta, por isso é que a nós, educadores, a comunicação nos interessa enquanto provocadora de condutas novas e permanentes. (...) a aprendizagem, como mudança de conduta, tem que ir muito além da simples informação. Esse ir além se concretiza no momento em que o sujeito não somente apreende a informação mas quando consegue se estruturar essa informação na bagagem de conhecimentos anteriores aos efeitos de usá-las quando se apresentam novas situações.

Segundo Lima (1973), dentre as características desejáveis para a educação, podem ser destacadas:

- seu papel de exercitar a imaginação em busca de soluções novas, havendo a preocupação em se abordar as disciplinas de forma mais rica, com maior estímulo da criatividade e originalidade dos alunos, buscando também a maior integração entre as informações (interdisciplinaridade).
- o desenvolvimento dos atributos dos estudantes que permitam maior poder de aprendizagem e de adaptação diante de situações novas, com menos hábitos intelectuais fixos, incentivando-se a educação permanente, haja vista a rapidez com que os conhecimentos são renovados, as novas tecnologias que surgem e a necessidade de atualização por parte dos



profissionais, inclusive para mudarem de área com a extinção de certas profissões e a criação de outras novas.

- o preparo para a resolução de problemas.
- o professor-informador e o aluno-ouvinte sendo substituídos pelo professor-animador e o aluno-pesquisador, pois com a velocidade da substituição do conhecimento não se terá idéia de ensino, mas sim de pesquisa e de auto-aprendizagem, cabendo ao professor criar situações de pesquisa.
- o estímulo à motivação para que haja um maior interesse por parte dos estudantes, possibilitando maior prazer com a atividade educacional e maior engajamento.
- o uso de equipamentos fornecidos pelas novas tecnologias no ensino, que facilitem a troca entre as matérias ensinadas e o acesso às informações rapidamente por intermédio de bancos de dados informatizados.
- a educação concebida como um processo do aluno informar-se, caminhando mais para uma auto-educação, com o professor servindo de orientador para o processo.

Espera-se sair da homogeneização que hoje se verifica para um tratamento que respeite e atenda às necessidades de cada estudante. A sala de aula na verdade é heterogênea, com níveis de aprendizado diferentes para cada aluno, e estes são provenientes de setores diversos da sociedade. Cada um tem seu próprio ritmo de aprendizagem, com questões específicas de interesse. Um acompanhamento mais individualizado pode facilitar o rendimento de cada um.

Busca-se já há algum tempo novas propostas para uma educação mais moderna e efetiva. Percebe-se a limitação do ensino tradicional, baseado na fixação de informações e sem maiores atrativos nos processos pedagógicos, que acaba levando ao desinteresse e à desmotivação por parte do aluno. Segundo Lima (1973:13),

Há pesquisas mostrando que o processo escolar, baseado na memorização, produz o embotamento da inteligência. A inteligência é função que só se ativa diante de uma situação-problema. Hoje está suficientemente comprovado que o desafio é o processo didático para o desenvolvimento intelectual. Ensinar é apenas desafiar, adequada e gradualmente. A memorização é o correspondente verbal do condicionamento da motricidade (Skinner e Pavlov). O embotamento é consequência do desuso das funções hipotético-dedutivas e indutivas da inteligência abstrata, devido aos processos escolares.



Espera-se que, no processo educacional, o jovem não perca tempo com memorização, e que seu tempo seja aproveitado para o processo criativo.

Numa perspectiva mais ampla, McLuhan (Apud Lima, 1973:61) considera que, na educação do futuro,

educar será sinônimo de aprender a gostar de progredir, a melhorar sempre; nesse dia, educar não significará mais formar e manter os homens a meio caminho de suas possibilidades de desabrochamento, mas, pelo contrário, será abrir-se para a essência e para plenitude da própria existência.

A educação, portanto, deve propiciar um meio favorável para que as múltiplas inteligências do ser humano floresçam e o levem a buscar o aprimoramento pessoal constante, entendimento do mundo em que vive e de seu papel no mesmo e uma inter-relação com os outros indivíduos num nível mais cooperativo e harmônico.

Neste contexto educacional, a informática educativa destaca-se como um recurso que oferece amplas possibilidades para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Já se verifica em países como os Estados Unidos, França, Israel, Japão e Inglaterra a introdução da tecnologia dos computadores no ensino, estando atualmente o seu uso educativo em crescimento. No Brasil sua implantação tem sido discutida e já começam a existir iniciativas neste sentido.

Além de vantagens no trabalho com a informação, Lucena (1994) considera que a introdução do uso do computador na escola permite que o aluno tenha melhor preparação física e mental para enfrentar a alta tecnologia ao seu redor e um maior entendimento sobre as limitações e capacidades da máquina, o que contribui para a formação e construção do seu conhecimento e o desenvolvimento de suas capacidades cognitivas e lógicas.

A informática, quando conjugada às telecomunicações, é um campo que oferece muitas oportunidades, contribuindo para a educação à distância e para o intercâmbio entre estudantes de diversas partes do mundo, em projetos interculturais. Com a presença atualmente da *Internet*, tem-se um banco de dados internacional à disposição de educadores e estudantes, com imensas possibilidades para a pesquisa e a troca de idéias.



Uma tecnologia da informação que se desenvolveu com o advento da informática é a hipermídia, sistema para a representação da informação que no qual a informação pode ser examinada de modo não-linear, com a utilização de palavras-chaves no texto ou ícones que, ao serem acionados, conduzem a outro documento em que um tema relacionado à palavra selecionada é desenvolvido. Com este sistema pode-se ter grandes bancos de dados com os documentos contendo textos, imagens, filmes, animações, sons e programas, inter-relacionados entre si por ligações formadas pelas palavras-chaves de cada documento. Esta possibilidade de estabelecer a inter-relação entre textos de assuntos diversos é algo que favorece a interdisciplinaridade, ampliando a visão de conjunto e a capacidade de realizar associações de idéias dos estudantes.

A hipermídia possibilita o desenvolvimento de sistemas que permitem ao aluno a exploração de um banco de informações conforme suas dúvidas e interesses, optando por conexões da forma que desejar, possibilitando a construção ativa de seus conhecimentos, e contribuindo para a descoberta de idéias, temas ou fatos num ambiente de informações e para o desenvolvimento de seu espírito crítico por requerer participação constante, observação e valoração.

Na hipermídia, as informações podem ser apresentadas por meio de outras linguagens além da verbal, utilizando recursos gráficos, sonoros, interativos e de animação do computador para facilitar o entendimento da teoria e de exemplos, ilustrar e enriquecer o conteúdo, motivar a aprendizagem e tornar mais estimulante a resolução de problemas.

Além disto, como expõem Campos (1994) e Lucena (1994), o uso da informática na educação apresenta uma série de vantagens, dentre as quais podem ser destacadas:

- a interação entre o computador e o aluno, com a retroalimentação conforme sua atuação, de forma imediata.
- a possibilidade de se dar atenção individual ao aluno.
- a possibilidade do aluno controlar seu próprio ritmo de aprendizagem, assim como a sequência e o tempo desta.
- a apresentação das lições de modo criativo, atrativo e integrado, estimulando e motivando a aprendizagem.
- a possibilidade de ser usada para avaliar o aluno.



Estas vantagens da utilização dos computadores na educação mostram os potenciais oferecidos pelas novas tecnologias para o aperfeiçoamento da educação, possibilitando a aproximação do ideal desejado para a educação.

Entretanto, ainda se verificam no Brasil resistências ao uso do computador, que aos poucos estão sendo desfeitas, com a introdução crescente dos computadores nas escolas, um maior conhecimento quanto às suas possibilidades e limitações, e a sua desmistificação. Como expõe Niskier (1993:101):

Alguns alegam que as operações e os cálculos matemáticos desenvolvem a capacidade de raciocinar; outros apontam o perigo da dependência que se pode estabelecer. Em contrapartida, inclusive entre os educadores, há os que defendem a máquina, baseando-se no princípio de que à mente humana devem caber tarefas muito mais elevadas e complexas que a de executar a operação de calcular, como, por exemplo, a de decidir que tipo de operação deve ser feita, pois a inteligência humana só funciona quando ocorre uma situação nova. As operações, quando automatizadas, não envolvem o raciocínio.

Alguns educadores preocupam-se com a possibilidade do computador vir a substituir o professor. Considera-se, entretanto, que isto não é possível, pois o papel humano desempenhado pelo professor não poderia ser realizado satisfatoriamente por uma máquina. O computador é um instrumento auxiliar que possibilita ao professor dedicar-se mais efetivamente à orientação dos estudantes em sua busca pelo conhecimento, propondo atividades para o desenvolvimento de suas capacidades intelectuais e estimulando debates que favoreçam a formação de indivíduos críticos e autoconscientes.

A informática pode favorecer a melhoria do processo educacional contribuindo para que o estudante familiarize-se com as novas tecnologias da informação, com as quais deverá cada vez mais se deparar no seu dia-a-dia, haja vista o aumento de sua utilização nos diversos setores da sociedade e a queda dos preços dos equipamentos, tornando-os mais acessíveis.

No caso do Brasil, a modernização do ensino e o apoio das novas tecnologias se reveste de caráter fundamental, pois o progresso começa com o investimento na educação, como há exemplos em diversos outros países, em que educação é uma prioridade.

O presente estudo foi realizado visando à avaliação da influência do uso da informática na aprendizagem e ao desenvolvimento de propostas para o ensino de Física, utilizando-se um *software* educativo hipermídia.

Procurou-se evidenciar no desenvolvimento desta pesquisa as aplicações da hipermídia no ensino, considerando seus aspectos favoráveis e desfavoráveis e seus pontos de apoio nos conceitos e procedimentos desenvolvidos na área da Educação.

O objetivo principal da investigação foi reunir evidências de que o emprego da hipermídia possibilita a ocorrência da aprendizagem dos conceitos de Física de forma significativa e motivadora para os alunos do ensino médio.

Uma justificativa para a realização deste trabalho é o fato da instrução apoiada por computador inserir-se em um contexto no qual se verifica a ampliação do nível de informatização em diversos setores da sociedade, podendo contribuir para capacitar melhor o aluno para enfrentar este crescente uso da informática no seu dia-a-dia e também colaborando para uma aprendizagem mais efetiva com os recursos oferecidos pelo computador.

Outro aspecto é a relativa escassez de *softwares* adequados à realidade do ensino brasileiro, necessitando-se ainda de contribuições para que existam mais opções disponíveis a educadores e estudantes. Muitos *softwares* disponíveis são resultados de traduções realizadas de *softwares* estrangeiros, embora existam grupos dedicados à elaboração de *softwares* que se adaptem à realidade do sistema educacional brasileiro, inclusive em algumas escolas.

Buscou-se com esta pesquisa contribuir para que professores e alunos tivessem a sua disposição mais um instrumento para o ensino e aprendizado da Física, mediante o desenvolvimento de um aplicativo hipermídia com embasamento pedagógico realizado a partir das pesquisas em ensino de Ciências.

O ensino de Física pode contribuir para que o aluno desenvolva a capacidade de reflexão e o raciocínio, auxiliando-o no processo de localizar, entender e solucionar problemas de ordem teórica e prática. Permite também que este entenda princípios que estão na base da tecnologia atual, presente em nosso dia-a-dia, repercutindo em nosso bem-estar e possibilitando a ampliação de nosso conhecimento sobre o universo.



A Teoria da Gravitação, que considera o processo de atração gravitacional entre os corpos e o movimento dos corpos celestes e foi particularmente explorada no desenvolvimento deste trabalho, permite compreender, por exemplo, como os satélites permanecem em órbita da Terra, possibilitando inúmeras aplicações nas telecomunicações e carregando consigo instrumentos para pesquisas básicas e aplicadas, e o envio de sondas a outros planetas do sistema solar, aumentando nosso conhecimento sobre o Cosmos.

O estudo da Física leva ainda a um melhor entendimento de fenômenos da natureza, que no caso da Gravitação, por exemplo, possibilita compreender o movimento dos astros em geral, a queda dos corpos na superfície da Terra, e a condensação de nuvens de gás no espaço que acabarão originando estrelas e planetas. Fundamenta ainda princípios que serão utilizados por outras áreas do conhecimento, como a Astronomia e Engenharia, que usam conceitos e aplicações da Física em seus estudos.

Entretanto, constata-se atualmente que o estudo da Física no ensino médio é considerado por muitos alunos como difícil e tedioso, verificando-se em geral baixos índices de aproveitamento nas avaliações escolares, alta incidência de alunos que necessitam realizar recuperação ao final do ano e taxas altas de reprovação.

A resolução de problemas e interpretação de seus resultados, ponto importante para o entendimento e aprofundamento dos conceitos da Física, é muitas vezes algo que oferece dificuldade aos estudantes que se iniciam no assunto.

Observa-se que muitos alunos não possuem um bom entendimento da Física enquanto ciência, que não possui conhecimentos absolutos, com hipóteses e teorias que podem ser refutadas e substituídas por outras melhores, utilizando-se de metodologia específica.

Verifica-se também que não há uma boa visão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, de modo que o conhecimento da Física acaba contribuindo pouco para a cultura geral dos estudantes.

A hipermídia, ao oferecer recursos audiovisuais e interativos ao estudante, permitindo que este receba estímulos e orientações individuais, com o acesso a inúmeras informações de interesse, oferece elementos para contribuir para a aprendizagem em geral, a resolução de



problemas, e o enriquecimento cultural, tornando o contato com a Física mais atraente e motivador.

A semiótica, ciência que estuda os signos e os processos significativos (semiose) na natureza e na cultura, mostra que a hipermídia, ao utilizar-se de recursos audiovisuais, envolve signos de diferentes categorias, que exercem efeitos distintos sobre o receptor de uma mensagem, possibilitando explorar não só os aspectos intelectivos e racionais da aprendizagem como também os aspectos afetivos e motivacionais. Possibilita também compreender a hipermídia enquanto uma *interface* que favorece a exploração ativa do estudante dos múltiplos aspectos de um determinado objeto de estudo.

O trabalho com a hipermídia permite ainda o desenvolvimento da aprendizagem quanto a leitura dos signos que compõem a linguagem do audiovisual, tão presente hoje nos meios de comunicação de massa e com características distintas da linguagem verbal, contribuindo deste modo para a criticidade dos estudantes, haja vista os efeitos subliminares de certas informações veiculadas na mídia.

Um sistema hipermídia pode ser estruturado de forma que, por exemplo, a partir de uma tela em que constam as leis físicas fundamentais na compreensão de um determinado fenômeno, possam ser acessadas, na ordem que se desejar, outras telas em que são apresentadas aplicações tecnológicas relacionadas a estes princípios e suas repercussões na sociedade, biografias de cientistas que colaboraram no desenvolvimento destas idéias, a evolução dos conceitos ao longo da história, resultados recentes da pesquisa científica que envolvam os conceitos sob análise ou ainda questões e problemas que estimulem a reflexão e favoreçam a compreensão aprofundada das idéias, ilustrados com figuras, animações e sons.

Deste modo, ao percorrer um sistema hipermídia, o estudante pode estabelecer, conforme seu interesse, diversas associações entre os assuntos inter-relacionados, mediante uma exploração ativa que favorece a ampliação de sua visão sobre um determinado tema de estudo e a integração de novos conceitos em sua estrutura cognitiva.

Para se atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, foi desenvolvido, aplicado e avaliado o *software* hipermídia Gravitação Universal no ensino médio, em que constam os aspectos principais da Teoria da Gravitação, assim como exemplos e problemas importantes



para o entendimento dos conceitos expostos, com uma abordagem na qual a aprendizagem é enfocada como um processo de construção de conhecimentos, com base na Filosofia e História da Ciência e considerando-se as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

O *software* foi elaborado para favorecer o entendimento da teoria, de exemplos e de problemas mediante o uso dos recursos multimídia gráficos, sonoros, interativos e de animação do computador, buscando tornar o processo de aprendizagem mais significativo e motivador. Os problemas propostos no *software* podem ser resolvidos com o apoio de orientações e ilustrações fornecidos pelo computador quando o estudante interage com o mesmo, de modo a tornar a tarefa mais estimulante e compreensível.

Buscou-se, com o *software*, apoiar a compreensão da Gravitação, sua inter-relação com outros tópicos da Física, suas correlações com a realidade, fenômenos do cotidiano, aplicações tecnológicas e a sociedade, e também a aquisição de desenvoltura na aplicação de seus princípios na resolução de problemas e o entendimento da natureza em geral em termos físicos.

Com este trabalho, procurou-se oferecer, de modo geral, contribuições que se relacionam à formação do indivíduo; ao desenvolvimento de sua base conceitual e de sua capacidade de reflexão e raciocínio; e à formação de cidadãos mais críticos, que possam ter uma interação melhor com a tecnologia e maior compreensão das aplicações da ciência que estão presentes em sua vida cotidiana.

No Capítulo I, são feitas considerações sobre questões pedagógicas relacionadas ao ensino de Ciências, com base no construtivismo cognitivista de Piaget e Ausubel e das pesquisas realizadas sobre a psicogênese e o ensino de um conceito; os conceitos espontâneos dos estudantes; o processo da mudança conceitual; a utilização da história da ciência, das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, e sobre resolução de problemas.

No Capítulo II, são expostos os conceitos básicos da hipermídia, considerando-se sua definição, a evolução que possibilitou sua concepção, suas características fundamentais, as vantagens e dificuldades que oferece para o trabalho com a informação, e os princípios básicos associados ao desenvolvimento e avaliação de sistemas hipermídia. É descrita a utilização da hipermídia na educação, considerando-se suas principais características, suas vantagens e



desvantagens, e questões relacionadas ao desenvolvimento, aplicação e avaliação de sistemas hipermídia educacionais.

No Capítulo III, é realizada uma abordagem do conceito de hipermídia com a utilização da semiótica, buscando-se aprofundar entendimento do mesmo a partir das linguagens que compõem a hipermídia e de suas possibilidades para a representação do conhecimento, com o estabelecimento de relações com o processo de ensino e aprendizagem.

No Capítulo IV, são descritas as etapas percorridas durante o desenvolvimento, aplicação e avaliação do *software* Gravitação Universal no ensino médio, apresentado-se a metodologia utilizada, as características principais do *software*, os instrumentos de avaliação utilizados e os principais resultados obtidos.

No Capítulo V são apresentadas as principais conclusões obtidas com o desenvolvimento da pesquisa e algumas possibilidades para a realização de novas investigações na área, e são feitas considerações sobre as implicações pedagógicas do estudo realizado.

1.1. Considerações sobre o Ensino de Ciências

Analisando o ensino de Ciências atualmente, são verificadas inúmeras lacunas em suas práticas, conteúdos e pressupostos, abrangendo desde os livros-texto utilizados até a formação dos professores de ciências.

Segundo Gallagher (1991), há nos livros-texto de ciências em geral, ênfase na apresentação dos conceitos e princípios da ciência, com pouca atenção à natureza da ciência, ou sobre como o conhecimento científico é formulado ou validado e pouco espaço à história do desenvolvimento das ideias científicas e à inteligência que caracteriza a história da ciência, e para a utilidade da ciência na vida diária dos estudantes.



1. ENSINO DE CIÊNCIAS EM UMA ABORDAGEM CONSTRUTIVISTA

A pesquisa em ensino de Ciências fornece hoje diversos resultados e conclusões que permitem apoiar as práticas educacionais. Neste capítulo, será analisada em especial a abordagem realizada pelo construtivismo cognitivista, tomando como base idéias de pesquisadores como Piaget e Ausubel, que possibilitam estabelecer princípios consistentes para o desenvolvimento de pesquisas em ensino de Ciências e de estratégias de ensino e aprendizagem prolficas.

Após algumas considerações relativas às deficiências verificadas nas concepções e estratégias no ensino de Ciências, serão analisadas algumas das contribuições para esta área das pesquisas realizadas sobre: a psicogênese e o ensino de um conceito; os conceitos espontâneos dos estudantes; o processo da mudança conceitual; a utilização da história da ciência, das relações entre ciência, tecnologia e sociedade; e sobre a resolução de problemas. Os resultados destas pesquisas possibilitam inúmeras aplicações que podem contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

Estas considerações possibilitam o estabelecimento de correlações entre metodologias de ensino de Ciências e o processo de elaboração, aplicação e avaliação do *software* hipermídia educativo proposto para o desenvolvimento desta pesquisa.

1.1. Considerações sobre o Ensino de Ciências

Analisando o ensino de Ciências atualmente, são verificadas inúmeras lacunas em suas práticas, conteúdos e pressupostos, abrangendo desde os livros-texto utilizados até a formação dos professores de ciências.

Segundo Gallagher (1991), há nos livros-texto de ciências em geral, ênfase na apresentação dos conceitos e princípios da ciência, com pouca atenção à natureza da ciência, ou sobre como o conhecimento científico é formulado ou validado, e pouco espaço à história do desenvolvimento das idéias científicas, à luta intelectual que caracteriza a história da ciência, e para a utilidade da ciência nas vida diária dos estudantes.



A prática dos professores também segue esta abordagem, pois acabam tentando cumprir o conteúdo encontrado nos livros, e como resultado, ocorre no ensino uma forte ênfase na memorização da terminologia da ciência e no corpo de conhecimentos da ciência, sem maior preocupação quanto ao entendimento do conhecimento apresentado, de seus princípios e inter-relações, e a relação do conhecimento científico com as experiências dos estudantes, mediante suas aplicações. Praticamente não há referência ao método científico e existem falhas na caracterização do conhecimento científico como relativo e do trabalho científico como uma atividade criativa. Este conjunto de condições leva a uma imagem pública da ciência e dos cientistas imprecisa e pouco apropriada, sem uma perspectiva mais ampla.

Um fator preponderante relacionado a este quadro no ensino é a formação dos professores de Ciências, que na universidade não estudam em geral História, Filosofia da Ciência, Ética, ou Sociologia da Ciência, concentrando-se no corpo de conhecimentos específicos das disciplinas científicas, com pouco entendimento de sua origem e aplicações, apresentando dificuldades para apontar relações óbvias entre o conhecimento em sala de aula e o mundo exterior.

Gallagher (1991:131) entende que um maior enfoque à natureza da ciência pode contribuir para atingir objetivos no ensino de ciências como:

o entendimento dos conceitos e princípios da ciência; o entendimento dos processos da ciência, com ênfase especial no desenvolvimento do conhecimento científico; a aplicação do conhecimento científico à vida diária exterior à escola; a aquisição de atitudes positivas, incluindo tanto as atitudes quanto à ciência como as atitudes científicas.

Segundo Villani (1984) uma visão que domina o ensino de Física no Brasil é baseada em uma série de pressupostos:

a) Os alunos devem esquecer aquilo que já sabem e recomeçar na sequência proposta pelo professor, que atua como se a mente dos alunos fosse uma "tábula rasa" em Física.

b) A aprendizagem consiste na gravação de informações onde antes não havia nada, seguindo o modelo do professor e do livro didático, mediante a resolução de exercícios.



c) Ensinar é mostrar de forma clara e ordenada aquilo que deve ser registrado, repetindo o conteúdo várias vezes e de várias formas, e propondo exercícios similares aos resolvidos em sala de aula.

d) O conteúdo pode ser resumido em um pacote de fórmulas que representam as leis físicas e pela sua aplicação em exemplos abstratos, com pouca consideração de situações experimentais, exemplos do cotidiano, contexto histórico e com a estrutura das teorias, sendo o ensino de laboratório praticamente ausente.

e) A avaliação cumpre o papel de medir se o que foi ensinado foi gravado de forma satisfatória, consistindo em uma cópia adaptada ou idêntica dos exercícios já resolvidos, ressaltando que o importante é aprender os exemplos nos quais as leis são aplicadas, ao invés de aplicar as leis para ver se elas funcionam e como isto ocorre. As novidades e complicações introduzidas em geral são de natureza matemática, raramente estando relacionadas ao entendimento de conceitos da Física.

f) O núcleo central das interações de ensino é dado pela relação professor-aluno, com as relações entre alunos sendo consideradas periféricas, sem importância para o crescimento intelectual: todas as decisões sobre ensino são tomadas pelo professor, o único que conheceria o caminho e a meta, entendendo-se que não há aumento de conhecimento do professor no processo.

g) Ocorre uma progressiva redução de conteúdo da pós-graduação até o ensino médio, juntamente com o afastamento daquilo que está sendo produzido pelos pesquisadores.

h) O ensino está relacionado a um conteúdo produzido pelos cientistas e registrado nos livros didáticos, e não à produção do conhecimento, havendo pouca relação da atividade docente com a de pesquisa, existindo valores e critérios diferentes da comunidade docente e de pesquisa, que às vezes entram em conflito.

Considera-se que esta visão de ensino apresentada é muito coerente e resistente a mudanças, sendo provavelmente a maneira mais simples, econômica e organizada para conseguir os resultados de uma aprendizagem rotineira, daí sua ampla utilização e difícil substituição.

Zanetic (1990) observa também que os currículos utilizados no ensino de Física encontram-se defasados em relação ao conhecimento atual, visto que se estuda no ensino médio somente a Física clássica, deixando de abordar a Física do século XX, ainda assim



subdividida em diversas áreas, como se fossem partes estanques do conhecimento físico, sem abordar em geral suas inter-relações.

Segundo Gil Pérez (1991), os currículos adotados são em geral de caráter enciclopédico, com grandes quantidades de conhecimento, que muitas vezes são encarados como uma obrigação a ser cumprida, existindo pouco tempo para o debate e aprofundamento dos temas.

A prática pedagógica atual no Brasil, devido à proximidade do vestibular, volta-se quase que totalmente para preparar o indivíduo para este exame, e a Física ensinada em geral pouco contribui para sua formação cultural mais ampla. Zanetic (1990) considera que muitas vezes o conhecimento em Física é transmitido como um conjunto de fórmulas, destinadas a resolver problemas específicos de exames, sem propiciar um melhor significado sobre o que este conhecimento representa.

Em livros didáticos e nas abordagens de ensino, muitas vezes se encontra uma visão simplista do conhecimento científico, apresentado como um produto já finalizado, enquanto na realidade é uma construção sofisticada da humanidade, que vem evoluindo ao longo dos séculos. Encontram-se concepções da ciência como uma linha do conhecimento neutra e exata, sem que sejam consideradas suas conexões com o contexto histórico e político em que se desenvolve, suas implicações sociais e o seu caráter de conhecimento relativo que mais se aproxima de uma realidade em estudo. Há também descrições do método científico somente sob o ponto de vista indutivista, em que a partir da observação se chegaria a leis que posteriormente seriam comprovadas por intermédio de experiências, sem mencionar outros métodos utilizados em ciência, como o método hipotético dedutivo.

No que concerne às avaliações das disciplinas de ciências, Sanchez et alii (1992) caracterizam diversos aspectos da visão que predomina na educação atual. Pensa-se em geral que é fácil avaliá-las com objetividade e precisão, devido à sua natureza, e no entanto, pesquisas mostram que as expectativas dos professores acabam por influenciar seu resultado, como por exemplo, ao se tratar de alguém considerado como bom ou mau aluno, ou uma pessoa do sexo feminino.

Há nas avaliações a tendência de limitar-se aos conhecimentos fáticos e às leis por meio de exercícios fechados, que não possibilitem ambigüidades, enfatizando habilidades meramente operativas, com questões que podem ser respondidas apenas pela repetição a partir da memória, poucas questões enfatizando o método científico, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, e o manejo significativo dos conceitos, sem possibilitar o questionamento das concepções espontâneas dos estudantes, e o fomento da aprendizagem significativa.

Em geral tende-se a utilizar pouco tempo nas avaliações, em exames extensos e sem maior profundidade, possibilitando somente uma simples reprodução automática de conhecimentos, sem proporcionar a explicitação de dúvidas, busca de caminhos alternativos e o questionamento de resultados.

Tem-se também a tendência de se utilizar a avaliação apenas como instrumento de constatação, para medir a capacidade e aproveitamento dos estudantes, ignorando sua função primordial de contribuir para a aprendizagem e melhoria do ensino.

Como expõe Lederman (1992), pesquisas recentes em ensino evidenciaram que uma das variáveis mais importantes e influenciadoras das concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência são aqueles comportamentos, atividades e decisões instrucionais implementadas dentro do contexto de uma lição, onde a atuação do professor é essencial. Observou-se que uma ênfase continuada em habilidades de pensamento de alto nível, resolução de problemas, instrução orientada para a investigação, e questionamentos avançados freqüentes, dentro de um ambiente que apóia os estudantes, permitindo-lhe tentativas e erros rumo à concepção mais adequada, estariam relacionados às mudanças desejadas em suas concepções.

1.2. O Ensino Construtivista

Uma abordagem para o ensino de Ciências que pode contribuir para a melhoria das práticas pedagógicas é o construtivismo, que considera que o aprendizado e desenvolvimento do conhecimento exige um processo de construção por parte do aluno. Nos referimos neste trabalho especificamente ao chamado construtivismo cognitivista, que envolve as idéias de autores como Piaget e Ausubel.

Moreira (1985) considera que três tipos gerais de aprendizagem são distinguidos pelos pesquisadores: cognitiva, afetiva e psicomotora. Denomina-se aprendizagem cognitiva aquela que ocorre com o acúmulo organizado de informações na mente do aprendiz. Um conceito que surge nesta modalidade é o de estrutura cognitiva, que corresponde ao complexo organizado de informações na mente, ou um conjunto de esquemas que possibilitam a assimilação de informações da realidade. A aprendizagem afetiva está relacionada a experiências emocionais do indivíduo, tais como satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade, motivação ou indiferença. A aprendizagem psicomotora ocorre com o treino e a prática, desenvolvendo respostas musculares específicas. Sempre há experiências afetivas acompanhando as experiências cognitivas.

Segundo Bastos (1995:16) uma crítica ao construtivismo cognitivista é a "tendência em definir as habilidades lógico-matemáticas como o ápice do desenvolvimento intelectual" do ser humano. Embora as teorias de Piaget e Ausubel concentrem-se sobretudo na aprendizagem cognitiva, não se descarta a importância da experiência afetiva no processo educacional. Aspectos como o engajamento, motivação, participação e interesse dos estudantes, que envolvem elementos da parte afetiva do ser humano, podem e devem ser despertados pelo ensino, com os recursos disponíveis, que vão desde a postura do professor até os meios instrucionais utilizados.

1.2.1. A Abordagem de Piaget

Como expõe Abib (1988), um aspecto de grande importância a ser observado na aprendizagem é o nível de desenvolvimento cognitivo em que o estudante se encontra, pois isto determina aquilo que ele está apto a aprender, pelo grau de maturidade de suas estruturas cognitivas e pelas idéias e conceitos que já apresenta.

Nos trabalhos de Piaget (Apud Moreira, 1985) se encontram quatro períodos gerais de desenvolvimento cognitivo: *sensorio-motor*, compreendido entre o nascimento e os 2 anos de idade; *pré-operacional*, que ocorre dos 2 anos até por volta de 6 ou 7 anos; *operacional-concreto*, que se estende dos 7 ou 8 anos até os 11 ou 12 anos; e *operacional-formal*, que se inicia em torno dos 11 ou 12 anos e se prolonga até a idade adulta. Cada um destes períodos é caracterizado por estruturas cognitivas com propriedades específicas, e sua ocorrência nos indivíduos se dá sempre na mesma seqüência, embora possam ser observadas diferenças na idade em que as crianças atingem cada período. Mas de forma geral, indivíduos com idades



correspondentes a um determinado período, apresentam predominantemente comportamentos e habilidades condizentes com as características desta fase. A passagem de um período a outro ocorre de modo gradual.

No período lógico-concreto, o indivíduo desenvolve um pensamento com características de uma lógica de operações reversíveis, podendo, por exemplo, combinar classes elementares para formar uma classe superior e, a partir da classe superior, diferenciar as partes que a compõem. É capaz de estabelecer relações e correspondências. Neste período também há o desenvolvimento no contraste e comparação de objetos reais, mas o pensamento é muito limitado, pois as operações são concretas, incidentes sobre objetos reais. O indivíduo não é capaz de operar com hipóteses sem saber se são falsas ou verdadeiras, e para antecipar o ausente necessita partir de objetos e acontecimentos concretos. Neste período, o indivíduo ainda não compreende os processos hipotético-dedutivos e de controle de variáveis que são necessários para o entendimento adequado da Ciência.

No período lógico-formal, estas limitações da fase anterior são superadas. Este período é caracterizado principalmente pela capacidade de raciocinar com hipóteses verbais e não apenas com objetos concretos, surgindo a possibilidade de se raciocinar manipulando proposições. O indivíduo consegue manipular constructos mentais e reconhecer relações entre estes constructos. Neste estágio há a capacidade de abstração necessária para o surgimento do pensamento hipotético-dedutivo, em que o indivíduo busca hipóteses gerais para explicar as ocorrências que observa. O real é enfocado como um caso particular do possível.

Segundo Abib (1988), há estudos que evidenciam que uma parte dos alunos no ensino médio está no período lógico-concreto ou em subestágios situados entre este período e o lógico-formal. Isto poderia explicar muitas das dificuldades dos estudantes na aprendizagem de Física, pois seus conteúdos envolvem relações abstratas e demandam estruturas formais para que possam ser entendidos.

É necessário estar atento a este fato, para não se cometer o equívoco de ensinar em um nível puramente formal para alunos que ainda não possuem suas estruturas cognitivas suficientemente desenvolvidas. Como observa Moreira (1985:58), isto pode levar a um insucesso em determinados tópicos, por exemplo, devido a "uma passagem demasiado rápida da estrutura qualitativa dos problemas (raciocínios lógicos sem a introdução do formalismo

matemático) para a esquematização quantitativa ou matemática (no sentido de equações já elaboradas)".

Como expõe Moreira (1985), na concepção piagetiana o crescimento cognitivo de um indivíduo ocorre mediante *assimilação* e *acomodação*, de modo sucessivo. O processo de assimilação consiste na ação do organismo para incorporar a realidade aos esquemas mentais de assimilação por ele construídos. O organismo impõe-se neste processo ao meio, e a iniciativa na interação com o objeto é do organismo. Neste processo, a mente e o conhecimento que se tem da realidade não se modificam. Quando a mente modifica-se ao deparar-se com situações que não conseguem ser assimiladas, temos o que se denomina acomodação. Os problemas e dificuldades que se apresentam à mente geram as acomodações, que levam à construção de novos esquemas de assimilação e ao desenvolvimento cognitivo. Após as acomodações e o surgimento de novos esquemas de assimilação, o organismo atinge um estado de equilíbrio, que corresponde a uma adaptação à situação. O desenvolvimento do indivíduo é uma construção por reequilibrações e reestruturações sucessivas.

Nesta óptica, educar consiste de forma geral em provocar o desequilíbrio na mente do educando, de modo compatível com seu nível de desenvolvimento, de forma que este, ao procurar o reequilíbrio, se reestruture cognitivamente e aprenda. Para Piaget, só há aprendizagem quando ocorre acomodação, e desta forma a aprendizagem é tida como um processo ativo, sendo importante uma postura ativa por parte do estudante, que também possui responsabilidade na aprendizagem.

Abib (1988) considera que, como aplicações dos conceitos piagetianos, tem-se a proposta de atividades que proporcionem dificuldades e desafios para o estudante, num nível em que possam ser superados, para que as situações de conflito cognitivo contribuam para o seu desenvolvimento cognitivo.

Tem-se também a relevância de se partir de atividades que proporcionem a observação e manipulação concretas, para favorecer um ajuste inicial às estruturas cognitivas e a familiarização com um conteúdo novo.

O ensino deve sempre que possível dar ao aluno a oportunidade de agir, sempre com a argumentação e orientação do professor, que também possui uma postura ativa, para que



possa ocorrer de forma efetiva a aprendizagem, e sejam oportunizadas as reelaborações e desenvolvimento de novas formas de raciocínios.

1.2.2. A Abordagem de Ausubel

Segundo Moreira (1985), nesta abordagem o conceito central é a *aprendizagem significativa*, processo pelo qual uma informação nova relaciona-se com conceitos ou proposições relevantes já existentes na estrutura cognitiva do educando, que funcionam como pontos de ancoragem. Neste processo, o armazenamento de informações é bastante organizado, com a existência de conceitos mais gerais e inclusivos, aos quais os conceitos mais específicos são ligados. Na medida em que novos conceitos são aprendidos de maneira significativa, há o crescimento e elaboração dos conceitos mais inclusivos, que se modificam em função da ancoragem.

Define-se também a *aprendizagem mecânica*, em que as novas informações aprendidas estabelecem pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes da estrutura cognitiva, ocorrendo um armazenamento de forma arbitrária. Considera-se que a aprendizagem mecânica permite a formação de conceitos iniciais numa área de conhecimento nova para um indivíduo, até que a aprendizagem significativa possa se processar, com o desenvolvimento dos conceitos que permitem a ancoragem de outras informações.

Constata-se que a maioria das crianças em idade escolar já possui um conjunto de conceitos básicos que permitem a ocorrência da aprendizagem significativa. Considera-se que, em geral, a aprendizagem significativa deva ser preferida à mecânica, para que ocorra maior interconexão das informações na estrutura cognitiva e passe a existir maior capacidade para o ancoramento de novas informações. Exemplificando: a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos em Física pode ser tomada como um exemplo de aprendizagem mecânica, enquanto que a percepção das inter-relações existentes entre estas fórmulas, leis e conceitos, e outras idéias mais básicas, o entendimento de sua origem e significado, a compreensão do papel de cada termo de uma expressão, a realização de associações com exemplos práticos, permite uma aprendizagem mais ampla e significativa, com maiores possibilidades para a aprendizagem subsequente nesta área. Ao professor cabe um papel importante para favorecer a aprendizagem significativa, favorecendo a ligação entre as idéias que os alunos possuem e as teorias físicas.



Para a ocorrência da aprendizagem significativa, o material a ser aprendido deve possuir características que o tornem relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, sendo não arbitrário e adequado às suas condições cognitivas. O aprendiz, por sua vez, deve ter disposição para relacionar o material apresentado de modo substantivo à sua estrutura cognitiva, evitando a simples memorização arbitrária e literal.

A partir das investigações de Ausubel sobre a aprendizagem, conclui-se que no ensino de determinado conteúdo, as idéias, conceitos e proposições mais gerais e inclusivos devem ser apresentados no início, e então progressivamente diferenciados em elementos mais detalhados e específicos. Isto seguiria a tendência do funcionamento da estrutura cognitiva do ser humano, de captar mais facilmente aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido, e onde idéias mais inclusivas e gerais incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Um outro aspecto na instrução consiste em explorar as relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes, facilitando o relacionamento de informações já existentes na estrutura cognitiva e a sua reorganização em função disto.

Para a implementação destes princípios de ensino, tem-se o uso de *organizadores prévios*, que consistem em materiais introdutórios apresentados antes do material que se objetiva aprender, com um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Estes organizadores prévios poderiam desta forma facilitar o processo de ancoragem de novas informações, com o desenvolvimento de conceitos gerais e inclusivos na estrutura cognitiva que favoreçam a aprendizagem significativa.

Para otimizar a disponibilidade de idéias relevantes que permitam a ancoragem de idéias, pode-se aproveitar as dependências sequenciais que existem naturalmente em uma disciplina, e os tópicos relacionados que são pré-requisitos para o entendimento de outros.

Um modo de se avaliar a ocorrência da aprendizagem significativa é propor questões e problemas de uma maneira nova, pelo menos fraseados de forma diferente daquela existente no material instrucional, evitando a manifestações de respostas mecanicamente memorizadas.



Na teoria de Ausubel, uma idéia básica é que um dos fatores mais importantes que influenciam no aprendizado é aquilo que o aluno já sabe, e ao professor caberia determinar isto e ensinar conforme aquilo que foi determinado.

1.3. Psicogênese e o Ensino de um Conceito

Sob o enfoque piagetiano, desenvolvem-se os estudos psicogenéticos, que permitem a caracterização de níveis ou estágios de elaboração de idéias sobre um determinado conceito, a partir da análise das respostas de diversos indivíduos, como crianças ou adolescentes, em situações problemáticas especialmente construídas.

Segundo Carvalho et alii (1990:66), os trabalhos envolvendo a psicogênese permitem entender melhor "como um indivíduo constrói um determinado conceito ou aspecto da realidade, além de registrar e explicar as etapas pelas quais esse indivíduo passa, bem como os mecanismos de passagem de uma etapa para outra".

Desta forma, este conhecimento permite um maior embasamento do professor ao abordar um determinado conceito, deixando-o em melhores condições para a escolha dos procedimentos em sala de aula levando em consideração os alunos, com maior compreensão das idéias que estes venham a manifestar sobre o conceito em questão durante sua evolução conceitual, e mais ciente de como pode intervir para gerar um desequilíbrio das estruturas cognitivas do estudante para a sua reequilibração em um nível melhor.

Os estudos sobre a psicogênese de conceitos e suas aplicações na prática de ensino mostram que o conhecimento é construído e que os professores podem intervir nesta construção, colaborando para o crescimento e aperfeiçoamento dos estudantes.

Uma proposta que se tem discutido é a utilização dos estudos psicogenéticos como ponto de apoio para a escolha e ordenação de conteúdos a serem ensinados, de forma que melhor se adaptem às possibilidades de assimilação do aluno. Para isto, como consideram Nardi & Carvalho (1990), deve-se observar também que os níveis operatórios dos indivíduos não são estabelecidos de forma rígida na teoria de Piaget, pois há diversos fatores que geram diferenças entre os indivíduos, como a influência sócio-cultural.

Como exemplo destas possibilidades, ao se questionar sobre a faixa etária mais apropriada para o ensino do conceito de campo gravitacional, cujo entendimento é fundamental no estudo da gravitação universal, pode-se observar a partir do estudo psicogenético realizado por Nardi (1990) que sujeitos a partir de uma idade de 15 anos já apresentam em geral concepções mais elaboradas que possibilitam o entendimento deste conceito.

Os resultados da pesquisa de Nardi (1990) mostram que indivíduos nesta faixa etária em geral já são capazes de compreender as seguintes propriedades: i) o campo existe em todos os pontos em torno de uma fonte geradora; ii) a atuação da força do campo depende da distância da fonte geradora segundo leis matemáticas; iii) o campo é uma grandeza vetorial, isto é, deve ter uma direção e um sentido; iv) a ação entre dois corpos leva tempo para ocorrer, isto é, não é instantânea.

Observa-se, assim, que a introdução do estudo da gravitação universal já na primeira série do ensino médio é viável no que concerne ao entendimento dos indivíduos quanto ao conceito de campo gravitacional, pois nesta série a maioria já apresenta idade na faixa dos 15 anos. Entretanto, caso se detecte em sala que os estudantes ainda não dispõem das condições necessárias para o entendimento adequado do conceito, deve-se trabalhar com atividades desequilibradoras que possibilitem este desenvolvimento.

1.4. Concepções Espontâneas e o Processo de Mudança Conceitual

As práticas e pesquisas em ensino de Ciências revelaram que os estudantes apresentam uma série de idéias sobre a realidade em que vivem, derivadas de suas experiências cotidianas, que não são compatíveis com os conhecimentos científicos. Estas idéias foram denominadas conceitos ou concepções intuitivos, espontâneos ou alternativos.

Estas concepções prévias podem diferir razoavelmente das idéias que se quer ensinar e ser resistentes a mudanças, influenciando desta forma a aprendizagem. Resulta desta constatação o interesse em se aprofundar a compreensão destas concepções.

A pesquisa educacional sobre as concepções alternativas intensificou-se a partir de 1970, tendo surgido basicamente dos estudos que procuravam compreender melhor e de forma



mais sistemática as respostas inadequadas dos estudantes sobre questões envolvendo o conhecimento científico.

Segundo Diniz (1996), as concepções alternativas são representações particulares e distintas, que variam de uma pessoa para outra, pois cada indivíduo sofre influências diferentes e interioriza suas experiências de forma peculiar. Embora possam ser simples inicialmente, estas concepções tendem a se tornar cada vez mais gerais e complexas a partir da organização realizada pelo indivíduo com as informações que possui.

Como é o próprio indivíduo que organiza estas concepções segundo sua lógica pessoal, mesmo que pareçam incoerentes sob a óptica da ciência, elas possuem uma certa coerência interna. Desta forma, estas concepções estão profundamente arraigadas no indivíduo e são pouco propensas a mudanças. Um fato verificado é o reaparecimento destas concepções mesmo após a aprendizagem formal, o que demonstra que não foram superadas efetivamente em sala de aula.

Ainda, os esquemas associados a estas concepções podem ser considerados pouco consistentes, pois há casos em que os estudantes aplicam as mesmas concepções para situações que exigem explicações diferentes ou explicações distintas onde deveriam usar a mesma.

Avaliando quais as concepções espontâneas dos alunos sobre um tópico a ser ensinado, o professor pode estar mais consciente dos pontos que devem ser abordados para favorecer o equilíbrio do estudante e a posterior reequilibração, contribuindo para seu aprendizado.

Diniz (1996) considera que, estreitamente relacionada às pesquisas sobre concepções espontâneas encontram-se as pesquisas sobre mudança conceitual, que vêm se ampliando a partir de 1980 e buscam compreender como ocorre o processo de mudança de um indivíduo, quando este parte de uma concepção espontânea ou alternativa para a aquisição de uma concepção científica de algum conteúdo.

Segundo Posner et alii (1982:211), nestas pesquisas busca-se elucidar o processo pelo qual "os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos para um outro conjunto, incompatível com o primeiro".



Esta área de pesquisa fornece elementos para o desenvolvimento de estratégias e metodologias de ensino que envolvam de forma efetiva os alunos num processo de mudança conceitual.

Para procurar estabelecer um modelo sobre mudança conceitual, Posner et alii (1982) partem da filosofia contemporânea, que sugere duas fases para a mudança conceitual em ciência, a primeira em que a pesquisa é feita sob a organização de compromissos centrais, os chamados paradigmas, caracterizando a ciência normal, e a segunda que envolve a mudança conceitual, quando estes compromissos centrais necessitam ser modificados para que a pesquisa possa prosseguir, gerando as revoluções científicas.

Realizando uma analogia entre estas fases da investigação científica e o processo de aprendizagem, uma variante da primeira fase seria a *assimilação*, em que o estudante usa seus conceitos prévios para lidar com novos fenômenos, e uma variante da segunda fase seria a *acomodação*, quando os conceitos existentes se revelam inadequados para compreender um novo fenômeno e o estudante substitui ou reorganiza seus conceitos centrais.

Para que a acomodação se processe de modo efetivo quando uma nova concepção é apresentada aos alunos, Posner et alii (1982) consideram que quatro condições básicas devem ser satisfeitas:

1) Deve haver insatisfação com as concepções existentes, ou seja, os estudantes devem ter observado uma série de pontos falhos em suas idéias atuais e ter verificado sua incapacidade em resolver novos problemas com estas noções.

2) A nova concepção deve ser inteligível, de forma que o indivíduo possa construir uma representação coerente das novas idéias a fim de explorar suas possibilidades. Isto requer em um nível inicial o entendimento dos termos e símbolos componentes com suas inter-relações e a sintaxe utilizada.

3) A nova concepção deve parecer plausível inicialmente, isto é, deve ter potencial para resolver os problemas gerados pelas concepções que a antecederam, ser consistente com outros conhecimentos e com os conceitos e valores que o indivíduo possui.

4) A nova concepção deve ser frutífera, fornecendo possibilidades para ampliar a pesquisa e abrir novas áreas de investigação.

Objetivando promover *acomodação* ao ensinar algum tópico, contribuindo para a ocorrência da mudança conceitual, são estratégias possíveis, segundo o modelo de Posner et alii (1982):

- i) o desenvolvimento de aulas, demonstrações, problemas e práticas de laboratório que possam criar conflito cognitivo nos estudantes.
- ii) procurar explicitar os pontos falhos de uma determinada idéia que se deseja substituir, gerando insatisfação com as concepções existentes.
- iii) incluir resultados experimentais que mostrem a plausibilidade das novas idéias e revelem as inadequações das anteriores.
- iv) utilizar-se das metáforas, modelos e analogias disponíveis que tornem a nova concepção mais inteligível e mais plausível.
- v) auxiliar os estudantes a compreender um conteúdo científico representando-o de múltiplas maneiras, por exemplo, de modo verbal, matemático, concreto-prático, pictorial, dentre outros, e ajudando os estudantes a transitarem de um sistema de representação para outro.
- vi) ressaltar as aplicações práticas e contribuições tecnológicas existentes ou que podem ser realizadas a partir da nova concepção, mostrando que esta é frutífera.

Outra estratégia para levar os estudantes ao processo de mudança conceitual, proposta por Silveira (1989), tem por base a filosofia da Ciência de Karl Popper, considerando-se o método hipotético-dedutivo na Ciência. Neste método, parte-se de hipóteses e teorias, derivando-se a partir daí conclusões mediante a dedução lógica e realizando-se então o confronto destas conclusões com os fatos. Isto pode levar à corroboração das teorias ou hipóteses, caso haja compatibilidade com os fatos, ou à sua refutação ou falseamento, caso ocorra incompatibilidade das conclusões com a realidade observada.

Nesta concepção, teorias científicas são sempre conjecturas que poderão ser refutadas. Segundo Silveira (1989:152), quando uma teoria é refutada, "a nova teoria deverá ser capaz de explicar todos aqueles fatos corroboradores da teoria superada e os novos fatos que a refutaram. A antiga teoria pode então sobreviver como um caso limite da nova teoria".

A partir das idéias de Popper, Silveira (1989) considera que o ensino poderá ser mais eficiente se o professor conhecer as teorias que seus alunos trazem consigo, suas concepções

alternativas, e propõe a seguinte sequência de passos visando à superação da teoria alternativa e a apreensão da teoria oficial, que se deseja ensinar:

- i) formular o mais claramente possível a teoria alternativa.
- ii) discutir de modo crítico a teoria alternativa identificando os pontos problemáticos e as corroborações, procurando encontrar inconsistências nesta teoria e mostrar casos refutados da mesma.
- iii) apresentar a teoria oficial com sua discussão crítica, ressaltando as vantagens da nova teoria sobre a anterior e explicitando como ela explica os aspectos que corroboravam a anterior e também os aspectos que antes eram problemáticos.

Quando o aluno se torna capaz de responder a questões em ambas as teorias, isto estaria indicando uma apreensão da teoria oficial.

Em certos casos, como considera Bastos (1995), pode ser necessário que o professor apresente uma explicação aos alunos, baseada nas concepções existentes sobre o assunto a ser estudado, e que seja inteligível e compatível com o conhecimento prévio dos alunos, para que isto sirva como ponto de partida para a sua reflexão.

Segundo Bastos (1995), o processo de mudança conceitual não significa que as concepções alternativas serão desconstruídas para que o indivíduo adquira as concepções consideradas corretas sobre um determinado assunto. Há evidências de que as concepções alternativas podem coexistir com as concepções aceitas como científicas, e inclusive serem úteis em certos contextos do dia-a-dia.

Segundo Pines & West (1986), quando o estudante traz consigo concepções espontâneas que entram em grande conflito com o conhecimento formal a ser apresentado na escola, como por exemplo ao se deparar com a Física Newtoniana e possuir ainda visões próximas da Física Aristotélica, a mudança conceitual se faz necessária. O aprendizado nesta situação envolve a transferência de comprometimentos pessoais de um conjunto de crenças para outro, o que supõe o questionamento da realidade, o abandono de idéias que foram estabelecidas durante um grande período de tempo e o comprometimento com o novo conjunto de idéias que são completamente incongruentes com as idéias antigas.



Em muitos casos o estudante pode relutar em abandonar seu sistema de crenças que inclusive encontra suporte no senso comum e nas experiências do dia-a-dia, gerando situações em que as noções espontâneas são mantidas enquanto aprendem rotineiramente o conteúdo formal, numa compartimentalização do conhecimento, para evitar dissonância intolerável. Neste caso, aprende como resolver problemas do livro de Física mas as crenças pessoais continuam a ser mantidas. Em alguns casos pode até mesmo haver a rejeição do novo sistema que se quer ensinar, que é considerado irrelevante e inadequado pelo estudante. Cabe então um papel importante ao educador para que ocorra a aprendizagem significativa, onde o conhecimento formal serve para que o indivíduo entenda seu mundo de experiências.

Para Pines & West (1986), o processo de mudança conceitual não deve ser focado como a única possibilidade na aprendizagem. Ele parece ser adequado nas situações em que há idéias ou teorias conflitantes. Há também situações na aprendizagem em que o estudante não necessita abandonar completamente seus comprometimentos antigos mais profundos, pois não há choque com a realidade, e a realidade do estudante pode ser integrada ao conhecimento escolar sem grande conflito. Nesta situação, os conceitos formais apresentados na escola acabam por reforçar as idéias e concepções que os estudantes possuem sobre o mundo, integrando-as em um todo mais amplo, num processo de resolução conceitual.

Uma outra situação é quando em uma certa área de aprendizagem há pouco conhecimento espontâneo que possa interagir com o conhecimento simbólico e formal a ser ensinado. É uma situação em que o aluno tenta adquirir um conhecimento simbólico puro e há pouco suporte intuitivo e experiencial. Para a ocorrência de aprendizagem significativa, os estudantes necessitarão integrar e diferenciar o conhecimento simbólico em sua estrutura cognitiva, ao invés de simplesmente aprender informações de modo isolado e memorizar listas de proposições, num processo denominado desenvolvimento conceitual.

No ensino de ciências pode-se abordar diferentes modalidades de aprendizado, tais como o desenvolvimento conceitual, a resolução conceitual e a mudança conceitual. Parece não haver uma única solução de aprendizado que corresponda a todas as possibilidades da compreensão dos educandos sobre ciências. Em geral, o aprendizado de qualquer tópico científico envolverá mais do que um desses tipos de aprendizado.



Para Diniz (1996), os estudos sobre concepções alternativas trazem a idéia de se compreender mais profundamente os conceitos e idéias de alunos e professores, procurando desenvolver procedimentos educacionais que produzam aprendizagem significativa, implicando em reestruturação para melhor de suas noções.

Segundo Carvalho et alii (1990), a opção pelo ensino construtivista implica em considerar relevantes as idéias prévias dos alunos, como algo em evolução e que passa por etapas evolutivas. As concepções espontâneas surgem naturalmente no desenvolvimento do indivíduo, pois este interage constantemente com o ambiente retirando informações que serão usadas em outras interações. Estas noções são de grande importância para que o aprendiz possa alcançar no futuro as idéias aceitas como científicas.

Desta forma, constata-se que o aluno é capaz de apresentar várias idéias sobre certos conceitos, em um processo ativo de construção, e o enfoque do professor não deve ser o de ver estas idéias como erradas, mas sim como idéias em evolução.

Como consideram Pines & West (1986), as concepções alternativas resultam das tentativas em explicar o conhecimento de domínio público apresentado, e deve-se apreciar as habilidades criativas dos estudantes reveladas em suas aventuras de compreensão. O processo de formação do conhecimento é uma parte central no aprendizado significativo.

1.5. A História da Ciência

O emprego da História da Ciência vem sendo adotado por diversos educadores para auxiliar o processo de ensino de Ciências. Jenkins (Apud Bizzo, 1992) esclarece que esta é uma tendência registrada pela literatura especializada pelo menos desde meados do século XIX no Reino Unido.

Como observa Nardi (1990:63), considerando-se a "aprendizagem como um processo de construção de conhecimentos e a evolução histórica como descrição de uma evolução de conhecimentos também, entendemos ser possível extrair desta elementos importantes que possam ser utilizados na análise daquela".

Mediante a abordagem histórica, com a busca da história de certas idéias, conceitos e conteúdos, procurando compreender sua seqüência e evolução, o ensino pode evidenciar o conhecimento científico como um objeto de construção.

Para Castro & Carvalho (1992), a introdução da dimensão histórica no ensino possibilita que o conhecimento científico, uma construção gradual e sofisticada da mente humana, possa ser encarado não como um produto acabado, como algo passível de mera transmissão ou revelação, mas sim como conhecimento a ser elaborado.

Desta forma, o conteúdo científico pode ser tornado mais interessante e mais compreensível, por ser trazido para mais perto do universo cognitivo do aprendiz e do próprio homem, que constrói suas concepções ao longo de sua história, a partir da interação com a realidade.

Um outro ponto favorável desta abordagem é que o contato com o processo de elaboração do conhecimento possibilita que características próprias do saber científico apresentem-se de forma mais clara para os alunos, que também passam a buscar explicações num nível mais profundo.

A utilização da História da Ciência no ensino é relevante também porque os esclarecimentos obtidos por intermédio dela podem ser aplicados ainda hoje, para esclarecer aspectos essenciais da investigação científica.

Como expõe Klopfer (1969), ao estudar as inter-relações entre os diversos cientistas de uma época, pode ser evidenciado, dentre outros, a cadeia da descoberta com múltiplas ligações, que transcende indivíduos e torna possível a acumulação de conhecimentos e idéias científicas, levando ao longo do tempo ao crescimento e desenvolvimento da ciência. Como exemplo, considere-se que, para a formulação de sua Teoria da Gravitação, Newton baseou-se em trabalhos de seus predecessores e contemporâneos, de diferentes procedências, tais como Copérnico, Galileu, Kepler, Descartes e Huyghens, dentre outros.

Também pode-se compreender melhor a formulação, uso e modificação de teorias que desempenham papel central em ciência, possibilitando o reconhecimento de que as idéias teóricas dos cientistas sobre o mundo natural estão mudando continuamente. Para



exemplificar, pode-se considerar o entendimento do fenômeno de atração entre os corpos, que evoluiu desde as primeiras tentativas de explicação por parte dos filósofos da antigüidade, passando pela Teoria da Gravitação de Newton no século XVII, até a teoria da Relatividade Geral proposta por Einstein no início do século XX. A abordagem histórica pode auxiliar a explicitar os motivos que levaram à elaboração de uma certa explicação e as razões para se substituir uma teoria por outra mais adequada para explicar a realidade observada.

O conhecimento do passado das idéias procurando-se compreender sua evolução, pode auxiliar a perceber a ciência como algo relacionado a outras atividades humanas, evidenciando suas ligações com o contexto político, social e econômico de uma época, influenciando o modo de vida e as posturas do homem.

Segundo Carvalho et alii (1990), a visão dos obstáculos que surgiram no desenvolvimento da ciência e na elaboração de idéias e conceitos científicos pode ser utilizada na elaboração de atividades de ensino desequilibradoras, e nas decisões sobre a prioridade e pertinência dos conteúdos que se deseja ensinar.

A noção quanto ao processo de aprimoramento e reelaboração do conhecimento científico, procurando entendê-lo como algo em constante elaboração, ajuda o professor a compreender e enfrentar as dificuldades do aluno na construção deste conhecimento, com a aprendizagem tornando-se um processo contínuo de perscrutação.

Como consideram Castro & Carvalho (1992), um recurso que vem sendo usado em algumas práticas em sala de aula são as chamadas atividades dialógicas, em que se realiza um diálogo entre o processo de construção da ciência pelos cientistas e o processo de construção efetuado pelos alunos. Nestas atividades, a partir de questões levantadas pelos alunos ou de concepções que estes apresentam, busca-se na história da ciência como as dificuldades foram vencidas ou como os cientistas lidaram com problemas semelhantes aos enfrentados pelos alunos.

Verifica-se em certos casos semelhanças entre alguns questionamentos de cientistas e os questionamentos dos alunos, ou entre explicações ou concepções elaboradas pelos alunos e as teorias elaboradas por cientistas. Estudos psicogenéticos como os de Nardi (1990), mostram semelhanças entre idéias ou modelos apresentados por estudantes e aqueles registrados ao



longo da história da evolução das idéias que resultaram no conceito de campo. Por exemplo, os modelos apresentados por alguns alunos ao serem indagados sobre a atuação do campo gravitacional da Terra, onde a idéia principal é um limite para a atração que coincide com o fim da atmosfera, em que um corpo é atraído se estiver dentro deste limite, e flutua ou é atraído para outro planeta se estiver fora, são semelhantes ao "orbis virtutis" de Gilbert (1600).

Segundo Klopfer (1969), a História da Ciência pode ser introduzida no ensino de ciências por meio de várias estratégias, tais como o estudo de caso histórico em Ciências, o trabalho com a biografia de cientistas, o estudo de artigos originais de cientistas e a abordagem histórica como princípio organizador de um curso.

A introdução do estudo de caso histórico em ciência, em que se acompanha a evolução de parte de uma grande idéia científica, permite ilustrar o processo de investigação científica e a interação entre ciência, cientistas e a cultura na qual se inserem, além do ensino do próprio conteúdo específico.

A apresentação de biografias de cientistas, com leitura e discussão em sala, pode ser explorada para revelar características de seus métodos de investigação, sua visão de ciência e a relação desta com a sociedade. Além disto, fornece a visão do cientista como ser humano inserido num contexto social.

O estudo analítico dos artigos originais de pesquisa dos cientistas pode contribuir, dentre outras possibilidades, para mostrar a evolução de certas teorias; explicitar as principais noções que foram produtivas na pesquisa em uma área particular ou os princípios de investigação naquele campo; demonstrar a variedade de procedimentos experimentais em ciência; ilustrar a influência de certas idéias filosóficas predominantes ou predileções nas idéias científicas.

A utilização da abordagem histórica como o princípio organizador de todo um curso de ciências, ou de seus maiores segmentos, em que os tópicos a serem estudados são apresentados na ordem de seu desenvolvimento histórico, reflete um compromisso maior do educador com a história da ciência.



Evidentemente, na abordagem histórica não se espera que os alunos reconstituam todas as etapas realizadas pelos cientistas na elaboração do conhecimento científico, pois não estão em geral tão envolvidos neste processo como estavam os cientistas, que pertencem a uma outra época com um contexto diferente do atual, e também não haveria tempo para isto. Além disto, a ciência avança a partir do conhecimento acumulado por pesquisadores ao longo dos anos, sem que seja necessário repetir todos os passos realizados anteriormente.

Na utilização da História da Ciência no ensino, Bizzo (1992) considera que:

a) o passado muitas vezes é importante para se compreender o presente, mas nem sempre há uma continuidade entre teorias do passado e do presente, existindo muitos conceitos, procedimentos e teorias já descartados.

b) há uma tendência na realização de reconstruções históricas em selecionar de forma parcial elementos do passado, distorcendo o desenvolvimento dos conceitos científicos.

c) as reconstruções das teorias do passado podem gerar uma simplificação que faça a lógica da época perder o seu sentido original, e nem sempre as idéias do passado são menos complexas. Às vezes, há uma simplificação no presente, ou as teorias atuais são uma síntese daquelas disponíveis no passado.

d) embora estudantes possam apresentar visões semelhantes às dos cientistas do passado, de forma espontânea, isto não significa que este necessariamente recapitule os passos dos cientistas do passado. Nestes paralelos deve-se estar atento para não se empregar de modo inadequado versões simplificadas do desenvolvimento científico.

Estes pontos servem como reflexão para uma utilização mais adequada da história da ciência no ensino, evitando-se simplificações, distorções e aplicações indevidas. O uso da história da ciência no ensino é de grande valia, contribuindo para a construção de conhecimentos do estudante. Isto é evidenciado por pesquisas como as relatadas por Lederman (1992), envolvendo o uso de currículos que utilizavam materiais derivados da história da ciência, mostrando um aumento significativo na compreensão quanto a natureza da ciência, quando comparados ao uso de currículos tradicionais.

1.6. Ciência, Tecnologia e Sociedade

Encontramo-nos em uma época em que há um desenvolvimento científico e tecnológico notável, quando comparado aos séculos anteriores. Convivemos hoje com a industrialização, a



urbanização, a informática, o desenvolvimento dos meios de transporte, a energia nuclear, a engenharia genética e a ampliação crescente do alcance dos meios de comunicação, dentre outros, caminhando cada vez mais para um processo de globalização. Este desenvolvimento traz inúmeros benefícios para a sociedade, propiciando meios para melhorar seu nível de bem-estar. Entretanto, requer também mudanças em hábitos, valores e posturas, demandando adaptações por parte dos indivíduos e sociedades.

Neste contexto, como considera Trivelato (1993), o ensino de ciências deve responder às mudanças sociais, à crescente diversificação cultural da sociedade, ao impacto causado pela tecnologia e às transformações no mercado de trabalho.

Dentre as finalidades básicas do ensino de ciências, Klopfer (1969) destaca a de proporcionar entendimento da ciência aos que seguirão uma carreira numa área científica ou tecnológica, desenvolvendo pessoas imaginativas e com domínio dos meios de realização de projetos, desenvolvimento e produção que possibilitam a aplicação de avanços científicos para o benefício do homem. Isto requer um sólido conhecimento da ciência, e o ensino de ciência no ensino médio é visto como uma preparação para os futuros engenheiros e cientistas.

Entretanto, somente a minoria da população seguirá estas carreiras e, para aqueles que não as seguirão, os objetivos do ensino de ciência deveriam contribuir para a sua formação geral. Segundo Trivelato (1993), um papel que cabe ao ensino de ciências é promover a alfabetização científica do cidadão de hoje, fornecendo-lhe ferramentas intelectuais úteis para viver, propiciando a aquisição de habilidades de estudo e investigação, proporcionando melhor compreensão da natureza, desenvolvendo habilidades cognitivas elevadas, a racionalidade, o senso crítico e a capacidade de tomar decisões. Esta alfabetização deve possibilitar que este compreenda as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, capacitando-o a opinar conscientemente sobre os rumos da ciência e tecnologia, que influenciam sua vida, proporcionando recursos para melhorá-la e, também, desenvolvendo as habilidades para sua inserção em um mercado de trabalho influenciado por estes elementos.

Para Klopfer (1969), uma alfabetização científica adequada para a formação dos cidadãos da sociedade atual requer o entendimento de conceitos-chave e princípios da ciência, permitindo que estes compreendam os fenômenos e mudanças no mundo natural em que vivem, e também a realizar escolhas que os ajudarão a viver com saúde e segurança. O ensino

deve propiciar que o indivíduo esteja apto a acompanhar as modificações e evolução do conhecimento científico e das aplicações tecnológicas, compreendendo os avanços e se adaptando a eles.

Um outro ponto relevante nesta alfabetização é a compreensão dos processos de investigação científica, com o aprendizado de como as idéias científicas são formuladas, testadas e aperfeiçoadas, e o que impele os cientistas neste trabalho. Com isto, o indivíduo pode aceitar a reformulação das idéias científicas que aprendeu na escola, sem se perturbar, pois adquire uma visão de ciência em que há dúvidas, incertezas, controvérsias, e que sofre a influência de valores políticos, econômicos e morais.

Nesta formação considera-se também a importância de se compreender a interação entre a ciência e a cultura geral. Isto implica na conscientização quanto ao impacto da ciência e novas tecnologias na sociedade contemporânea. Esta influência se dá também nos valores e pensamento do homem, além das mudanças materiais. O indivíduo deve estar consciente sobre o alcance das inovações científicas e tecnológicas sobre sua vida, e também sobre suas conseqüências negativas, tais como os efeitos sobre a ecologia e as aplicações na produção de armas de destruição em massa. Com esta compreensão, o indivíduo possui mais subsídios para realizar o seu planejamento pessoal, na tomada de decisões políticas e na formulação de uma visão mais abrangente do mundo.

Com base em Kneller (1980), pode-se considerar que um indivíduo alfabetizado cientificamente deve possuir também a noção de que a tecnologia não só afeta a sociedade e os consumidores desta tecnologia, como também é influenciada por seus usuários, que tendem a buscar ou solicitar novas aplicações e modificações para atender melhor a seus interesses. As aplicações tecnológicas em geral frutificam quando são economicamente viáveis e rentáveis, o que influencia as pesquisas em ciência aplicada e tecnologia. Este indivíduo deve ter a visão de que muitos avanços tecnológicos importantes resultam de decisões governamentais de financiamento de certos projetos, como na exploração espacial, no desenvolvimento de armas e no desenvolvimento de setores industriais vitais para a economia do país. Como observa Zanetic (1990), do Estado também dependem diversas instituições, tais como centros de pesquisa, universidades e escolas, o que mostra que a ciência não é neutra, estando relacionada à política e à economia.



Numa perspectiva social e política, Manacorda (apud Vale, 1995:9) considera que a educação científica e tecnológica possui um papel fundamental para a transformação social num país de economia dependente, como é o caso dos países do "3º Mundo", possibilitando que as pessoas sejam instruídas com conhecimentos teóricos e práticos que as permitam "participar concretamente da criação de uma vida mais rica, de uma maior capacidade de produção, com maior participação democrática".

Na visão de Manacorda, receber o conhecimento científico e tecnológico somente na forma de produtos que custam caro e aumentam o endividamento público não contribui para o desenvolvimento dos países do "3º Mundo". É necessário que estes se transformem em produtores do conhecimento, o que somente pode ser atingido mediante uma prática pedagógica que contemple o conhecimento e uso de novos instrumentos de produção e comunicação entre os homens e possibilite a compreensão e utilização da ciência de modo a constituir uma nova cultura de base, em que Ciência e Técnica estejam vinculadas às necessidades sociais contemporâneas.

O ensino de Ciências deve contribuir para a alfabetização científica dos indivíduos possibilitando também um melhor conhecimento sobre a natureza da ciência. Pesquisas que vêm sendo realizadas em educação apresentadas por Lederman (1992) evidenciam diversas lacunas na compreensão que os estudantes possuem quanto à natureza da ciência, ou seja, quanto ao seu entendimento da ciência como uma forma de conhecer e dos valores e suposições inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico.

As investigações que vêm sendo realizadas sobre o entendimento da natureza da ciência pelos alunos mostram que muitos possuem a visão de que o conhecimento científico é absoluto, e o objetivo primordial dos cientistas é descobrir leis e verdades da natureza. Segundo Lederman (1992:333-4), estes estudos evidenciam também que os estudantes em geral não possuem conhecimento suficiente sobre:

- (a) o papel da criatividade na ciência; (b) a função de modelos científicos; (c) os papéis de teorias e sua relação com a pesquisa; (d) as distinções entre hipóteses, leis e teorias; (e) a relação entre experimentação, modelos e teorias, e verdade absoluta; (f) o fato de que a ciência não se preocupa somente com a coleção e classificação de

fatos; (g) o que constitui uma explicação científica; e (h) as inter-relações e a interdependência dos diferentes ramos da ciência.

Objetivando encontrar alternativas educacionais que viabilizassem o desenvolvimento de uma visão mais amadurecida sobre a natureza da ciência, foram realizadas pesquisas envolvendo o uso de currículos alternativos, em que se utilizaram materiais derivados da História da Ciência e da Filosofia da Ciência, e que procuravam ressaltar as interações entre a ciência, tecnologia e a sociedade. Estas experiências em educação mostraram que quando comparado ao emprego de currículos tradicionais, estes currículos alternativos mostravam um aumento significativo na compreensão da natureza da ciência.

Segundo Zanetic (1990), a abordagem da História da Ciência também possibilita evidenciar as relações entre a ciência, tecnologia e sociedade, pois além de possibilitar a visão da evolução de uma teoria para outra, pode evidenciar a influência da organização social sobre o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico, e também a influência destes na sociedade, contribuindo para a compreensão da construção dos conceitos científicos.

A História da Ciência, segundo os registros dos últimos 150 anos, mostra que os conhecimentos e idéias científicas exerceram um impacto sempre crescente na tecnologia, de forma que hoje praticamente toda indústria é afetada direta ou indiretamente pelas aplicações da ciência. Para Klopfer (1969), a pessoa alfabetizada cientificamente deve estar consciente desta dependência da sociedade tecnológica quanto à ciência e das transformações na sociedade que acompanharam a associação entre tecnologia e ciência.

Por outro lado, a História da Ciência evidencia também que a tecnologia não depende exclusivamente da ciência, revelando a existência de certos avanços científicos que não se refletiram diretamente em avanços tecnológicos, apesar de constituírem uma contribuição evidente para o aprofundamento da compreensão da realidade pelo ser humano, e explicitando casos em que indivíduos sem formação científica, preocupados em resolver problemas práticos do dia-a-dia, desenvolveram inovações tecnológicas que influenciaram o progresso da ciência.

Este último aspecto pode ser melhor ilustrado com a análise do papel desempenhado por novos instrumentos na pesquisa científica, que permitiram o progresso da ciência ao longo da história e são, ainda hoje, de fundamental importância na pesquisa científica. Considerando-



-se a História da Ciência, pode-se explicitar a relação do progresso científico e tecnológico com o nível de desenvolvimento industrial de uma nação, que possibilita a produção efetiva de instrumentos científicos por pessoas que, em muitos casos, não são cientistas.

Trivelato (1993) considera que para que o jovem se sinta em condições de tomar decisões sobre uma certa utilização ou não da produção científica, o ensino deve propiciar uma visão de conhecimento científico que pode ser usufruído, interpretado, criticado, mais próximo do educando. Um conhecimento que ajuda a viver e traz melhorias.

Na visão de Zanetic (1990), no ensino torna-se importante trabalhar temas significativos para o aluno, valorizar sua visão de mundo, suas concepções espontâneas, suas dúvidas, procurando tornar os problemas da ciência mais compreensíveis, mais próximos, de forma a despertar seu interesse, facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa, e a incorporação da ciência enquanto cultura viva e transformadora. O enfoque que evidencia as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, juntamente com as abordagens da História da Ciência, trazem estas contribuições para o ensino de Ciências, com muitos potenciais para enriquecer aulas expositivas, seleção de textos, debates, elaboração de exercícios e de *softwares* de ensino. Estas abordagens podem permear as atividades de ensino.

1.7. A Resolução de Problemas

No ensino de ciências, a resolução de problemas é uma atividade considerada de grande importância para o aprendizado, constituindo uma das linhas de investigação na pesquisa em educação. Para Carvalho et alii (1990), um problema pode ser definido como "uma situação que apresenta dificuldades para as quais não há solução evidente".

A resolução de problemas propicia situações para a aplicação dos conhecimentos estudados, possibilitando ao estudante verificar seu grau de compreensão do conteúdo e ajudando-o a perceber os pontos que ainda necessitam ser melhor entendidos.

Os problemas podem ser formulados de modo a contribuir para o relacionamento da teoria com situações concretas do dia-a-dia, auxiliando no entendimento de fenômenos comuns no cotidiano, e para evidenciar relações entre a ciência, tecnologia e sociedade, mediante o



contexto do exercício, acrescentando informações e gerando reflexões que contribuam para a cultura do estudante.

Considera-se que os problemas, ao apresentar situações para as quais a solução não é óbvia, contribuem para a geração de conflito cognitivo no estudante, exigindo do mesmo uma postura ativa na busca da resolução, propiciando mais condições para que suas concepções espontâneas sejam evidenciadas e questionadas, contribuindo deste modo para a ocorrência de acomodação. Estimulam, desta forma, o raciocínio, a reflexão, e a habilidade de encontrar soluções para situações problemáticas, apoiando o desenvolvimento cognitivo dos educandos. Entretanto, os problemas devem ser compatíveis com o nível de amadurecimento e conhecimentos do indivíduo, para que este tenha estímulo adequado para o seu crescimento e não desista do empreendimento por falta de condições.

Apesar da importância desta atividade, este é um ponto que gera muitas dificuldades aos alunos, constatando-se um fracasso generalizado nesta tarefa. Como consideram Carvalho et alii (1990), muitos atribuem estas dificuldades à falta de pré-requisitos dos alunos, falta de conhecimento do conteúdo, falta de compreensão do texto, e outros fatores que seriam devido às dificuldades próprias dos alunos. Entretanto, isto é algo que atinge à maioria dos alunos, e torna-se necessário buscar outros fatores.

Nas situações de ensino, os problemas são enfocados em geral como algo que se sabe fazer, que não gera dúvidas e para os quais não se necessita tentativas, sendo resolvidos pelo professor de forma clara, enquanto os alunos aprendem a solução e a repetem em situações semelhantes. Porém, isto gera uma condição em que os alunos memorizam diversas soluções, que se aplicam a problemas específicos, num aprendizado mecânico e de rotina, mas não aprendem realmente a resolver problemas, a buscar soluções, a raciocinar para avaliar a situação e encontrar alternativas.

Uma dificuldade relativa à resolução de problemas parece estar ligada à passagem demasiadamente rápida de estruturas qualitativas para a esquematização quantitativa, quando ainda não se tem uma boa compreensão dos conceitos envolvidos e já se passa à utilização predominante de fórmulas e equações.



Desta forma, torna-se importante realizar uma análise qualitativa de uma questão que se apresenta como um problema, buscando-se ter uma idéia geral da situação, procurando demarcá-la e simplificá-la para abordá-la, e tornando claro o objetivo a que se quer chegar. Realizam-se aproximações, tomadas de decisão e concretização de situações sem passar diretamente para os tratamentos operativos, que vêm depois, por intermédio dos cálculos.

Os resultados encontrados devem ser analisados também do ponto de vista qualitativo, buscando-se interpretá-los, observando-se qual o seu significado e verificando sua validade ante as hipóteses levantadas no corpo do conhecimento.

No processo de resolução de problemas, o surgimento de idéias confusas, imprecisas e incorretas devem ser vistas como parte natural do processo de aquisição do conhecimento, até que se atinja a idéia adequada sobre a questão. Por isto, deve haver no ensino espaço para a tentativa e o erro, de forma que o aluno se sinta estimulado a explorar diferentes soluções, de forma ativa, até compreender melhor a situação e caminhar para sua solução.

1.8. Ensino de Física e Hipermídia

Os resultados da pesquisa em educação analisados até este ponto fornecem muitas possibilidades para a prática de ensino, fornecendo subsídios para embasar o conteúdo a ser ensinado, a metodologia aplicada e a avaliação da aprendizagem.

Villani (1984) sintetiza os resultados principais destas pesquisas e oferece uma visão alternativa de ensino de Física, compatível com as teorias de conhecimento e de instrução do tipo cognitivista, considerando que:

a) A mente dos alunos não é uma “tábula rasa”, pois existem as estruturas mentais piagetianas, e as idéias espontâneas sobre os conceitos da Física a ser ensinada, que em geral são bem enraizadas e com certa coerência interna, aparecendo em situações mais livres e qualitativas.

b) A estrutura conceitual é dinâmica, pois um objeto que é incorporado à mente interage com diversos elementos desta estrutura, adaptando-se a eles, adquirindo significado mais abrangente, movimento e abertura, podendo ser questionado no confronto com aquilo que já se conhece, possibilitando o surgimento das dúvidas, que indicam estar havendo uma



reformulação interior. Nesta abordagem, os exercícios servem para provocar dúvidas, fazer o indivíduo pensar.

c) Ensinar envolve a escolha de idéias e contextos adequados, que possam tocar os alunos e envolvê-los na aprendizagem, sugerindo atividades estimuladoras e que gerem questionamentos, de modo que suas concepções mais profundas sejam atingidas e transformadas, permeando sua própria visão de mundo.

d) O conteúdo deve respeitar a natureza da Física como Ciência e envolver aspectos concretos de interesses dos alunos. Além das fórmulas e exemplos abstratos, há teorias com seus pressupostos, cuja compreensão revela uma determinada maneira de olhar a natureza, como parte da cultura humana. Há também os experimentos, que são de grande importância para a construção e testagem de teorias, devendo ser incorporados às práticas de laboratório. Os aspectos concretos de interesse dos alunos podem ser abordados com o emprego da História da Física, situando o contexto de experimentos e teorias, e com a utilização de fenômenos físicos familiares.

e) A avaliação deve permitir um trabalho pessoal do aluno, e que este se conscientize e revele suas próprias idéias, facilitando a percepção dos aspectos essenciais do que foi estudado e integração do conhecimento em sua estrutura cognitiva. Isso implica num trabalho em sala de aula e em casa que envolve sínteses, debates, análises, discussões e previsões qualitativas, leituras, seminários e numa mudança da relação professor-aluno.

f) Na relação pedagógica entre professor e alunos, a introdução de elementos como a História e Filosofia da Ciência e análise de concepções espontâneas tira a exclusividade do professor no fornecimento de informações, que passa a atuar como colaborador, animador e crítico. A relação entre os alunos pode ser trabalhada para facilitar a compreensão das idéias novas, com discussões efetuadas num nível e linguagem mais próxima às de cada aluno. Os professores também aprendem no processo, aproveitando a oportunidade para ampliar e renovar sua cultura pessoal.

g) Pode-se modificar os currículos dando mais peso às teorias enquanto conjunto provisório, considerando as idéias básicas acessíveis em todos os níveis ao menos em parte, com formalismo sendo complicado progressivamente, e dando mais peso às idéias dos alunos, confrontando-as com a fenomenologia do cotidiano, quando as idéias “espontâneas” podem ser questionadas mais facilmente. A formação deve envolver desde o ensino médio a explicitação das idéias básicas das teorias, contribuindo para a formação dos alunos como futuros docentes.



h) Deve haver uma reconciliação do trabalho de pesquisa com o de docência, pois a pesquisa em Física contribui para a interação mais profunda com as teorias, e a docência põe o pesquisador em contato com material novo fornecido pelos alunos e por seus trabalhos, ajudando-o a questionar de forma mais sistemática seus pressupostos.

Os princípios de ensino e aprendizagem derivados das pesquisas em ensino de Ciências podem ser implementados em situações concretas de ensino de diversas maneiras, utilizando-se de livros, revistas e vídeos educativos, experimentos em laboratório, visitas técnicas a locais de interesse, debates, seminários e trabalhos de pesquisa, dentre outros.

Uma nova possibilidade para o desenvolvimento do ensino de Ciências é a elaboração de um *software* hipermídia que possa ser utilizado pelos professores e alunos em uma abordagem construtivista.

Nesta proposta, os conhecimentos da pesquisa educacional são de fundamental importância, pois muitos *softwares* de ensino vêm sendo criticados por apresentarem falhas quanto ao conteúdo e por não estarem fundamentados em estudos resultantes das pesquisas na área educacional. Na elaboração de um *software* de ensino, para que o produto final seja de boa qualidade, além dos aspectos técnicos do programa e da correção dos conteúdos, deve ser considerado o seu embasamento pedagógico adequado.

No processo de elaboração, aplicação e avaliação do sistema hipermídia educativo utilizado nesta pesquisa, os elementos oriundos da pesquisa em educação serão utilizados em diversos momentos, possibilitando juntamente com os recursos próprios da hipermídia propiciar situações educacionais que promovam a aprendizagem, a formação e o desenvolvimento dos potenciais dos estudantes, constituindo um recurso relevante para a atuação do professor.

Para evidenciar as características técnicas e educacionais da hipermídia relevantes para a implementação e aplicação do *software* utilizado nesta pesquisa, segundo os princípios do ensino de Ciências, e a avaliação do experimento realizado com introdução desta tecnologia no ensino médio, serão desenvolvidas no próximo capítulo considerações sobre a hipermídia, e aprofundadas no terceiro capítulo suas características enquanto linguagem de comunicação com a utilização da semiótica.



2. A HIPERMÍDIA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

2.1. Conceitos Básicos da Hipermídia

Hipermídia é uma tecnologia da informação que pode ser considerada como resultante da união de dois elementos: o hipertexto e a multimídia. O termo *hipertexto* refere-se à escrita não-linear, em que o leitor pode acessar os segmentos que compõem um texto em diferentes seqüências, segundo o seu interesse pessoal, mediante alternativas que são apresentadas utilizando-se dos recursos interativos de um computador. Em um hipertexto, o leitor apresenta maior liberdade para acessar a informação disponível, enquanto em um livro, por exemplo, o texto é normalmente apresentado de modo linear, com uma estrutura estabelecida para que seja seguida uma única seqüência do início ao fim do documento. Por *multimídia*, entende-se a integração de diferentes modalidades de mídia, tais como textos, gráficos, imagens, desenhos animados, filmes, sons e música, em um único meio: o computador.

Segundo Agosti (1993), os sistemas hipermídia apresentam as seguintes propriedades fundamentais:

- a) São formados por um banco de dados com um grande conjunto de documentos em multimídia;
- b) Existe uma rede semântica de inter-relações entre os componentes multimídia do banco de dados.

A essência fundamental da hipermídia encontra-se nas relações entre os *nós*, ou janelas onde a informação é apresentada. Esses sistemas são compostos por uma rede de nós que se comunicam mediante relações chamadas *links*, que permitem que o leitor possa viajar no documento de um lugar (nó) a outro, instantaneamente, conectando as informações contidas no banco de dados, que podem se apresentar em formato multimídia.

Como expõe Conklin (1987), em um sistema hipermídia as janelas na tela do computador estão associadas com objetos de um banco de dados, e esses objetos apresentam ligações (*links*) entre si. Essas ligações se apresentam graficamente nas janelas na forma de sinais ou símbolos, que atuam como referências ou etiquetas de um outro documento. Também aparecem no banco de dados na forma de indicadores (*pointers*). Essas relações são ilustradas na figura 2.1, reproduzida do trabalho de Conklin.



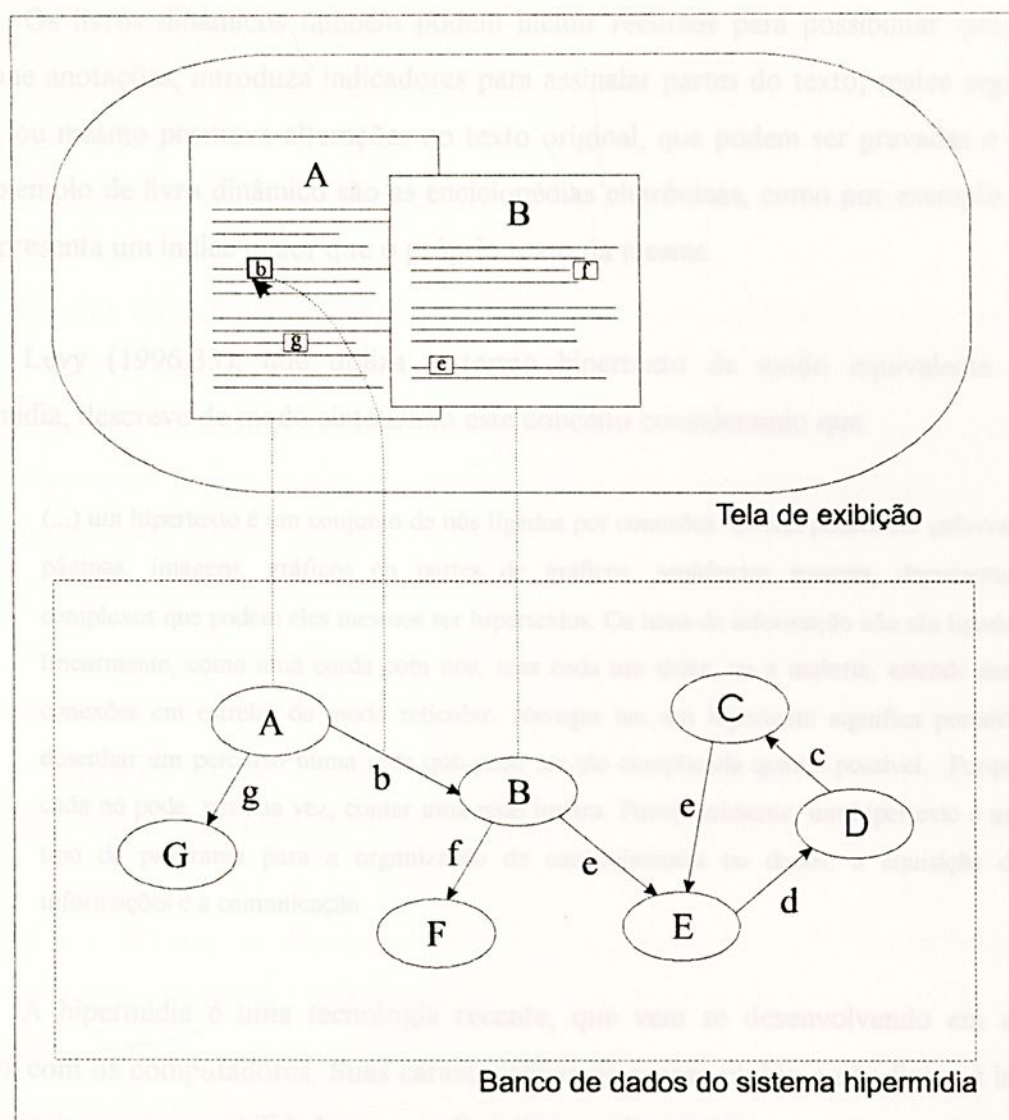


Figura 2.1. Relações em um sistema hipermídia. Nesse exemplo, cada nó no banco de dados do sistema hipermídia é exibido em uma janela separada na tela quando solicitado. O link denominado "b" na janela A foi ativado pelo ponteiro do *mouse*, fazendo com que uma nova janela denominada "B" seja criada na tela e preenchida com texto do nó B do banco de dados.

Outra concepção de hipermídia é o *livro dinâmico* que, segundo Weyer (Apud Jonassen, 1986), possibilita o acesso à informação no computador mediante um sumário expandido do livro (uma hierarquia em múltiplos níveis) ou um índice de assuntos elaborado. Os usuários também podem adicionar termos relativos a assuntos e referências para tornar o livro mais significativo e útil para si. Na busca por informações sobre um determinado tema, o usuário examina uma lista de termos específicos sobre os assuntos fornecido pelo sistema ou gerado pelo usuário.

Os livros dinâmicos também podem incluir recursos para possibilitar que o usuário adicione anotações, introduza indicadores para assinalar partes do texto, realce segmentos do texto, ou mesmo promova alterações no texto original, que podem ser gravadas e impressas. Um exemplo de livro dinâmico são as enciclopédias eletrônicas, como por exemplo a *Grolier*, que apresenta um índice maior que o próprio texto da mesma.

Lévy (1996:33), que utiliza o termo hipertexto de modo equivalente ao termo hipermídia, descreve de modo sintetizado este conceito considerando que:

(...) um hipertexto é um conjunto de nós ligados por conexões. Os nós podem ser palavras, páginas, imagens, gráficos ou partes de gráficos, seqüências sonoras, documentos complexos que podem eles mesmos ser hipertextos. Os itens de informação não são ligados linearmente, como uma corda com nós, mas cada um deles, ou a maioria, estende suas conexões em estrela, de modo reticular. Navegar em um hipertexto significa portanto desenhar um percurso numa rede que pode ser tão complicada quanto possível. Porque cada nó pode, por sua vez, conter uma rede inteira. Funcionalmente, um hipertexto é um tipo de programa para a organização de conhecimentos ou dados, a aquisição de informações e a comunicação.

A hipermídia é uma tecnologia recente, que vem se desenvolvendo em associação estreita com os computadores. Suas características de acesso rápido e não-linear à informação descortinam novas possibilidades para aplicações nas diversas áreas em que o trabalho com as idéias e o conhecimento é fundamental, dentre elas a área educacional.

2.2. Evolução das Tecnologias da Multimídia e Hipertexto

A concretização da idéia da hipermídia tornou-se possível a partir de um conjunto de desenvolvimentos tecnológicos que remontam ao início da própria história do homem, envolvendo a criação e aperfeiçoamento de meios cada vez mais eficientes para o registro, processamento, recuperação e transmissão de informações.

Os elementos básicos que constituem a hipermídia, englobando linguagem verbal, imagem e som, fazem parte da manifestação dos seres humanos há muito tempo, e ao longo da história foram ocorrendo diversos avanços relacionados à utilização destes elementos para a representação do conhecimento e a comunicação interpessoal.



Não se sabe ao certo quando ocorreu o desenvolvimento da capacidade do homem manifestar-se por meio da linguagem articulada, mas esta trouxe uma ampliação da capacidade comunicativa humana. Há 17 mil anos atrás, em Lascaux, temos vestígios de processos comunicativos dos homens pré-históricos, com as primeiras pinturas rupestres.

A escrita surgiu a cerca de 6 mil anos atrás, criada pelos povos da Mesopotâmia, com o posterior aperfeiçoamento pelos fenícios, com a introdução do alfabeto. Isto permitiu a passagem de uma civilização caracterizada primordialmente por uma oralidade primária, em que as informações se perpetuavam ao longo das gerações pelo registro na memória, para uma civilização que pode desafiar o espaço e o tempo.

Com isto surgiu a história e as representações puderam ser transmitidas e durar de forma autônoma. Segundo Pretto (1996), houve com isto “uma evolução da comunicação interpessoal para um estágio em que a comunicação entre as pessoas não se estabelece mais entre interlocutores, mas entre indivíduos que podem estar distantes no espaço e no tempo”.

Com a invenção da imprensa por Gutenberg, no século XV, houve o estímulo à produção literária e científica, pois ocorreu o aumento da rapidez de impressão e da circulação das informações. O livro surgiu como o primeiro meio de comunicação de massa. Os primeiros jornais surgiram no século XVII, nos Países Baixos e na Alemanha.

A fotografia surgiu em 1822 com Niépece, iniciando a era da imagem. O desenvolvimento do estudo de imagens em movimento com o uso de máquinas fotográficas culminou com o surgimento do cinema, com a primeira projeção cinematográfica realizada pelos irmãos Lumière, em Paris, no ano de 1895, propiciando o desenvolvimento de uma nova linguagem. O cinema sonoro surgiu no final da década de 1920, consolidando a indústria cinematográfica que se transformou numa das maiores no ramo do entretenimento.

A invenção do telégrafo e do telefone iniciou, no século XIX, uma profunda transformação nos mecanismos de comunicação entre as pessoas. O surgimento do telégrafo tornou viável a transmissão de sinais à distância, com a transmissão e recepção de textos. O advento do telefone possibilitou a transmissão e recepção da voz, viabilizando o falar e ouvir à distância.



O rádio desenvolveu-se a partir de 1895, com o telégrafo sem fio, e em 1906, com Aubrey, houve o envio de sons à distância, pelo ar, por meio de um sinal de rádio contínuo. A partir de 1920, ocorreram as primeiras transmissões de rádio voltadas para o entretenimento, nos EUA, e o rádio passou a fazer parte do cotidiano das pessoas, desenvolvendo-se emissoras de rádio por todo os EUA, com a constituição de grandes redes de comunicação.

As primeiras transmissões regulares de televisão iniciaram-se com a BBC de Londres, em 1936, com transmissões feitas pelo ar, possibilitando também a transmissão de imagens à distância. Em 1940 surgiu a TV a cores.

A partir da segunda metade do século XX, começaram a ser formados grande sistemas de comunicação em escala mundial, a partir do surgimento de grandes redes de televisão e rádio e sua associação aos grupos da mídia impressa. Ocorreu então a intensificação da pesquisa e da produção de equipamentos para a comunicação, levando ao aperfeiçoamento tecnológico da televisão. Começaram a surgir novas formas de emissão e recepção dos sinais de rádio e TV, dentre os quais os sistemas de transmissão via cabo, com melhor imagem e som.

Segundo Gutierrez (1978), a televisão permitiu que a nova linguagem surgida com o cinema penetrasse nos lares e completasse o trabalho de informação visual das revistas e jornais. É um fato a onipresença da imagem como uma das características mais singulares e importantes do mundo atual.

A partir de 1975 passou-se também a usar os satélites de comunicação, que hoje integram grande parte dos países e territórios por todo o planeta, permitindo comunicações telefônicas intercontinentais e transmissões de televisão. A partir dos anos 80 houve a proliferação de antenas parabólicas que permitem às pessoas receber transmissões de todas as partes do mundo, diretamente dos emissores, sem a necessidade de intermediários.

A possibilidade de registrar os sons e imagens por meios magnéticos promoveu uma transformação tanto no sistema de rádio quanto, posteriormente, no da televisão, com o surgimento do videoregistrador em 1956, para a gravação e a reprodução das imagens e dos sons. Este aparelho permitiu maior manipulação e generalização do uso das imagens no cotidiano das pessoas.



O aperfeiçoamento dos aparelhos transmissores e receptores continua a ocorrer, trazendo imagens e sons com crescente definição e qualidade, com a integração da informática. Ainda se faz necessário a instalação de uma infra-estrutura de cabeamento de fibra ótica e de satélites de altíssima frequência, para um maior desenvolvimento dos meios de comunicação.

Os avanços tecnológicos verificados até o momento estão levando a mudanças significativas na visão do homem e na sua maneira de atuar no mundo, conduzindo a uma sociedade em que a manipulação de informações passará a ser fundamental. Como observa Pretto (1996:38):

Esse conjunto de transformações colocou a modernidade em seu limite histórico e aponta para uma mudança no modo de produção dos paradigmas neste novo tempo que se aproxima. Um tempo no qual o homem deixa de ser o centro e a informação, a produção e a circulação de imagens passam a ser os vetores mais significativos.

Isto também está relacionado à busca do desenvolvimento de meios cada vez mais eficientes para o processamento de informações. Calculadoras que pudessem auxiliar o trabalho envolvendo números surgiram em diversos períodos: o ábaco já era utilizado pelos egípcios em 500 a. C; em 1624 Edmund Gunter propôs a régua de cálculo; em 1642 Pascal criou o primeiro modelo de calculadora mecânica com capacidade automática de até oito cifras. As calculadoras foram aperfeiçoadas, mas somente em 1925 obteve-se a primeira máquina eletrônica de calcular do mundo, construída por uma equipe liderada por Vannevar Bush, nos Estados Unidos.

O primeiro computador eletrônico entrou em funcionamento em dezembro de 1943 na Inglaterra, realizado com projeto de Max Newman. Com isto surgiram os computadores de primeira geração, que usavam válvulas e ocupavam um grande espaço. No fim da década de 1950, surgiram os computadores de segunda geração, em que havia o emprego de transistores. A terceira geração de computadores iniciou-se em 1960 com a Texas Instrument, ocorrendo um aumento gradual na velocidade de processamento de informações.

Entre as décadas de 1950 e 1970 foram criadas as principais linguagens de computador, tais como o Cobol, o Fortran, o Basic e o Pascal e surgiu o primeiro processador de texto, em



1964. A partir de 1970 ocorreu um maior desenvolvimento dos computadores pessoais ou PCs (*Personal Computer*).

O microprocessador surgiu em 1971, com uma compactação dos circuitos integrados, constituindo a *Central Processing Unit* (CPU). Com o investimento industrial houve uma queda nos preços e um aumento nas vendas. Começaram a ser desenvolvidos *softwares* (programas) como processadores de textos, planilhas eletrônicas, programas de editoria, bancos de dados, programas gráficos, além dos jogos.

Com o surgimento e incorporação dos *videogames* nas casas das pessoas, na década de 70, tornou-se rotineira a incorporação de imagens e sons aos computadores. Com isto, cada *software* passou a exigir mais espaço na memória e maior velocidade dos computadores, e os equipamentos tornaram-se obsoletos rapidamente.

Com o aumento do número de equipamentos nas tarefas do dia-a-dia, nas atividades comerciais e nos centros de pesquisa, sentiu-se a necessidade de se viabilizar a comunicação entre computadores das diversas partes do mundo, para a troca de arquivos, discussão de resultados de pesquisa e acesso aos grandes bancos de dados internacionais, surgindo então, em 1969, a *Internet*, rede de comunicação que interliga diversas redes do mundo, que hoje se torna cada vez ampla. Hoje qualquer um pode se integrar a este rede com um computador, uma linha telefônica e um *modem*.

Vivenciamos agora os computadores de terceira e quarta geração e caminhamos para o computador da quinta geração, baseado nos princípios da inteligência artificial, com os chamados “computadores inteligentes”.

Para permitir um maior armazenamento de dados, foi desenvolvido o dispositivo denominado CD-ROM (*Compact Disc Only Read Memory*), a partir dos CDs de áudio, com capacidade de armazenamento inicial de 650 Mbytes, para o registro de *software* e arquivos, com memorização digital. Isto o permite armazenar cerca de 250 mil páginas de texto. Outras tecnologias como o CD-*Interactive* (CD-I) e o CD-ROM XA, dentre outras, também são utilizadas, ampliando a possibilidade para o armazenamento de textos, imagens fotográficas, imagens em movimento e som estéreo.



O trabalho simultâneo com elementos de diversas fontes de informação, originou o termo multimídia, como considera Pretto (1996:19):

As imagens são lançadas e recebidas cotidianamente em praticamente todos os lugares do mundo, por intermédio dos novos e avançados recursos tecnológicos. Computadores, televisões, vídeos, telefones, satélites, cabos, novos equipamentos são aperfeiçoados e desenvolvidos, estimulando-se um uso mais integrado e mais global de todos esses recursos. Surge a *multimídia*, um novo conceito que engloba todo o universo audiovisual.

Em especial em informática, além dos aparelhos para leitura de CD-ROMs ou discos chamados de multimídia, existem também os *softwares* conhecidos como aplicativos multimídia, que congregam os recursos para a apresentação de informação como textos, fotografias, animações, filmes e sons, provenientes dos diversos aparelhos da tecnologia, com finalidades variadas. Os próprios CD-ROMs também recebem a denominação em alguns casos de discos multimídia. Como observa Pretto (1996), este é um mercado em grande crescimento. Estatísticas mostram que desde o final de 1992 até o final de 1993, houve um crescimento na quantidade de títulos disponíveis em CD-ROM e multimídias em geral. Para o PC em ambiente *Windows*, por exemplo, verificou-se um crescimento de 343,7 %.

Segundo Pretto (1996), a tendência para o futuro é o aumento nesta associação de diversas mídias, e já começamos a ter os TV/PCs, em que há uma associação entre a TV e o computador pessoal, integrando num só aparelho televisão, computador, telefone e periféricos em geral, como o CD-ROM. Tais aparelhos estarão presentes no uso da TV a cabo e da TV interativa, que já começa a funcionar em alguns países e está exigindo a implantação de redes de cabos em fibras óticas para um fluxo mais veloz de informação. Uma das metas atuais dos Estados Unidos é o desenvolvimento das *eletronic highways* (auto-estradas eletrônicas), que devem causar uma revolução no nosso modo de trabalhar, aprender, comprar e viver, com o emprego de fibras-ólicas que facilitarão a ágil troca de informações pelo mundo todo.

O aumento extremamente rápido da quantidade de informações disponíveis no mundo foi o principal fator que motivou o desenvolvimento do conceito de hipertexto, elaborado pela primeira vez por Vannevar Bush, em 1945.



Bush (1945) considera que os sistemas de indexação geralmente utilizados em bibliotecas são artificiais, tornando o processo de recuperação de informações ineficiente. As informações armazenadas são arquivadas em ordem alfabética ou numérica, e a informação é encontrada seguindo de subclasse para subclasse, segundo uma hierarquia. Ao encontrar a informação desejada, é necessário sair do sistema e reentrar por um novo caminho, para prosseguir a busca.

Entretanto, como expõe Bush, a mente humana não opera deste modo, e sim por *associação*. Cada idéia leva instantaneamente a uma outra pela associação de pensamentos, segundo uma rede intrincada de caminhos estabelecido pelas células do cérebro. Com base neste fato, Bush propõe um dispositivo denominado *memex*, que constituiria um arquivo e biblioteca pessoal, em que seriam armazenados livros, jornais, fotografias, registros e comunicações, que poderiam ser consultados com grande velocidade e flexibilidade.

O armazenamento das informações seria feito por meio de microfilmes, possibilitando um arranjo compacto para o *memex*, cujo aspecto seria o de uma peça de mobília, semelhante a uma escrivaninha. Haveria uma tela em que os textos para leitura seriam projetados, a partir de comandos fornecidos por meio de um teclado e alavancas, e as páginas projetadas de um livro poderiam ser mudadas rapidamente, até se localizar a informação desejada.

Além da consulta segundo o princípio tradicional de indexação, em que um livro poderia ser acessado fornecendo-se seu código, seria possível também a consulta por indexação associativa, em que é possível, a partir de um determinado item, acessar imediatamente outro a ele conectado. Para isto, o *memex* viabilizaria ao seu usuário, por meio de comandos simples, estabelecer conexões entre dois itens quaisquer, segundo o seu interesse, levando à construção de trilhas em que vários documentos estariam interassociados. Um mesmo item poderia fazer parte de diversas trilhas diferentes, originando uma rede de conhecimentos inter-relacionados. Uma vez estabelecidas as conexões, elas poderiam ser recuperadas por qualquer usuário, acionando-se uma alavanca ou um botão. Para Bush, o *memex* funcionaria como uma extensão da memória de seu usuário, possibilitando a armazenagem e recuperação de uma grande quantidade de informações, apoiando o processo de elaboração do conhecimento pelo ser humano.



Como expõe Lévy (1996), o termo hipertexto, entretanto, foi proposto somente no início dos anos sessenta, por Theodore Nelson, para exprimir a idéia de escrita e leitura não-linear em um sistema de informática. Sua meta era criar uma imensa rede acessível em tempo real, contendo todas as principais obras do pensamento humano. O projeto recebeu o nome de *Xanadu*, e visava permitir que milhões de pessoas pudessem trocar informações diversas entre si, incluindo textos, filmes e sons, consistindo em um ideal de hipertexto.

As idéias de Bush influenciaram Douglas Engelbart que, segundo Conklin (1987), expressou em 1963 a idéia de que os computadores levariam a um novo estágio na evolução humana, caracterizada pela manipulação externa de símbolos de modo automatizado. Nesse estágio, a utilização de tecnologias especiais possibilitaria que os símbolos utilizados pelo ser humano para representar os conceitos fossem manipulados em frente a seus olhos, sendo movidos, armazenados, recuperados e operados segundo regras complexas, respondendo a quantidades mínimas de informação fornecidas pelo usuário. A simbiose entre o ser humano e o computador teria o efeito de amplificar a inteligência do usuário.

Como expõe Conklin (1987), em 1968 Engelbart implementou suas idéias mediante o NLS (oN Line Sistem), um sistema hipertexto que reunia um banco de dados de texto não-linear, filtros de visualização para a seleção da informação do banco de dados, e visores que estruturavam a exibição dessa informação em um terminal.

O NLS era uma ferramenta experimental constituída por computadores em que eram armazenados planos, projetos, programas, documentação, relatórios, memorandos, bibliografia, notas de referências e outros, da equipe de trabalho de Engelbart no Centro de Pesquisa do Intelecto Humano Ampliado (SRI). Utilizando-se de periféricos sofisticados, que incluíam o *mouse* (uma invenção de Engelbart) e permitiam lidar com imagens de televisão, a equipe realizava todo seu trabalho preparatório, o planejamento, a elaboração de projetos, a verificação e eliminação de erros, e também boa parte da intercomunicação. Os arquivos eram estruturados no NLS em uma hierarquia de segmentos, cada um apresentando um identificador de seu nível no arquivo (Por exemplo: 1, 1a, 1b). Qualquer número de ligações de referência poderia ser estabelecido entre os segmentos de cada arquivo e entre arquivos.

Embora a idéia de hipertexto tenha surgido em 1945, sua implementação plena e difusão em escala mais ampla teve de aguardar o desenvolvimento da velocidade e memória



dos microcomputadores e o aperfeiçoamento das tecnologias que possibilitaram a integração de imagens, filmes e sons ao mesmo.

Os microcomputadores e seus periféricos, conectados entre si constituindo grandes redes de informação, forneceram as condições ideais para a proliferação e popularização da hipermídia, resultante do uso conjunto da multimídia e do hipertexto.

A hipermídia pode ser considerada hoje como um dos futuros da escrita e da leitura, constituindo uma nova linguagem para o registro, processamento e recuperação de conhecimentos. Esta é a linguagem básica utilizada na *Internet*, ou grande teia mundial, que exemplifica um imenso sistema hipermídia, que se estende a praticamente todos os países do mundo, com milhões de interconexões e uma infinidade de informações disponíveis.

Também tornaram-se comuns sistemas hipermídia de porte mais modestos e voltados para domínios específicos, como enciclopédias em CD-ROM, programas de auxílio ao trabalho coletivo e programas de apoio ao processo de ensino e aprendizagem. No entanto, há dificuldades na programação de bancos de dados muito grande, e padronizar dados na forma de hipertexto requer bastante trabalho, assim como a sua organização para o atendimento ao usuário, limitando o tamanho dos documentos.

2.3. A Hipermídia e o *Software* Educacional

Na utilização dos computadores na educação, desempenha um papel fundamental o *software educacional*, programa de computador desenvolvido para atender a objetivos educacionais previamente estabelecidos. O *software* educacional deve instigar as habilidades cognitivas dos alunos, auxiliando-os a desenvolver seu conhecimento e a transferi-lo para a resolução de novos problemas.

Lucena (1994) destaca as seguintes vantagens e desvantagens associadas ao uso do *software* educacional:

- **Vantagens:** possibilita maior interação do aluno para a aquisição do conhecimento; permite a individualização da aprendizagem; estimula, motiva e promove a auto-estima do aluno; proporciona retroalimentação, controle e avaliação imediatos da aprendizagem; apresenta lições de modo criativo, atrativo e integrado.



- *Desvantagens:* necessita do apoio custoso de equipamentos; apresenta dificuldades para sua constante atualização; exige conhecimentos prévios; exige maior tempo do professor para o planejamento, implementação e avaliação; depende de disposição e habilidades específicas do aluno, tais como a visual e de leitura.

Com a utilização da hipermídia, podem ser desenvolvidos *softwares* educacionais de diversas modalidades, tais como as identificadas por Lucena (1994) e Oliveira (1997):

1) Tutorial

Modalidade em que o computador ensina algo, instruindo o aluno como um tutor em contato individualizado com este, apresentando um conceito, verificando o entendimento do mesmo e fornecendo uma instrução subsequente conforme a resposta do estudante.

Deste modo, o material instrucional pode ser organizado de modo a atender alunos com diferentes níveis de conhecimento, permitindo, por exemplo, que em caso de erro um aluno seja encaminhado pelo programa para uma seqüência de recuperação.

2) Exercício e Prática

Esta modalidade tem por finalidade fixar e testar habilidades em alguma área do conhecimento, mediante a apresentação de um conceito inicial pelo computador seguido da geração de exercícios específicos, em seqüência, que possibilitam a prática do conceito, segundo o nível de conhecimento do aluno.

O computador pode apresentar reforços e comentários ao aluno à medida que se faz necessário. Pode também fornecer um diagnóstico sobre o desempenho do aluno, que pode ser utilizado pelo professor para avaliá-lo. O nível de dificuldade pode ser controlado pelo aluno, pelo professor ou pelo próprio computador.

3) Simulação

Nesta modalidade o estudante pode manipular variáveis e observar resultados imediatos decorrentes da modificação de situações e condições em sistemas desenvolvidos no computador que imitam ou se aproximam de um sistema real ou imaginário. Isto possibilita que o estudante aprenda sobre as leis que gerenciam a simulação, a partir das modificações introduzidas por ele no sistema.

Há simulações estáticas e dinâmicas. A simulação estática é considerada a própria realidade, que o aluno pode interpretar selecionando variáveis preestabelecidas no sistema. Na simulação dinâmica, o aluno desenvolve o papel de organizador e reestruturador sobre a realidade.

4) Jogos Educativos

Modalidade que utiliza o computador de maneira lúdica para a realização de atividades que exijam habilidades específicas, tais como destreza, associação de idéias, comparações lógicas e raciocínio indutivo, dentre outras. Os jogos educativos contribuem para a motivação dos estudantes por estimularem a fantasia e a curiosidade, promovendo um desafio permanente.

5) Solução de Problemas

Nesta modalidade considera-se que o estudante aprende muito ao buscar a solução para problemas. Para isto, podem ser utilizados *softwares* em que o estudante tenha que aprender uma linguagem de programação, tal como a linguagem LOGO, possibilitando o desenvolvimento da capacidade de gerar e resolver problemas.

Programando, o estudante pode desenvolver seus próprios jogos e simulações, o que contribui para a passagem do abstrato para o concreto e para a construção do conhecimento de modo ativo, em que se aprende fazendo.

6) Questionamento ou Diálogo

Modalidade em que o estudante dialoga com o computador, com a utilização de um *sistema especialista*, constituído por um grande banco de dados que reúne conhecimentos sobre uma determinada área que pode ser consultado. O desenvolvimento de *softwares* para esta modalidade apoia-se em técnicas da Inteligência Artificial, para a criação de sistemas inteligentes.

Interagindo com o computador, o estudante pode pesquisar o banco de conhecimentos de forma sistemática, debatendo um determinado tema. O computador pode levantar questões e direcionar sua atuação conforme as respostas do aluno. A interação com o computador contribui para a ampliação do vocabulário, o levantamento de questões, a

realização de cálculos e a seleção de dados para se encontrar uma resposta conveniente, e a reflexão sobre um tema, favorecendo a auto-aprendizagem.

7) Atividade Criativa

Nesta modalidade o computador é utilizado como uma ferramenta que promove a reorganização dos elementos de uma seqüência de símbolos criada pelo estudante. Deste modo, pode-se compor músicas e criar formas poéticas ou gráficas, com o apoio do computador.

A hipermídia possibilita desenvolver também um *micromundo*, definido por Rieber (1992:94) como "um subconjunto da realidade pequeno mas completo no qual pode-se aprender sobre um domínio específico mediante descoberta e exploração pessoal". Para Papert (Apud Rieber, 1992), um micromundo deve ser simples, geral, útil e possibilitar a aprendizagem partindo do conhecido para o desconhecido (aprendizagem sintônica), contribuindo para que novas idéias sejam conectadas às antigas. Com os micromundos podem ser elaborados ambientes voltados para um objetivo específico nos quais a aprendizagem é atingida por meio da descoberta e da exploração.

Uma outra forma possível de utilização da hipermídia no contexto educacional é possibilitar que os estudantes desenvolvam seus próprios sistemas hipermídia, com a utilização de sistemas de autoria. Esta abordagem possibilita que os estudantes, além de interagir com o conteúdo a ser apresentado no aplicativo, tenham de aprender a utilizar o programa de autoria e tomar uma série de decisões sobre a seleção de informação, a estruturação da apresentação, e o seu enriquecimento com a utilização adequada de sons, imagens e animações, exigindo a utilização de habilidades cognitivas de ordem superior. Este tipo de atividade contribui para a motivação dos estudantes e para sua auto-estima, pois há um produto final do qual são autores. Além disto, o trabalho em grupo necessário à realização do aplicativo contribui para desenvolvimento do senso de equipe e intercooperação em cada estudante.

Cada uma das modalidades de *software* educacional apresenta suas vantagens e desvantagens para o ensino, que devem ser avaliadas conforme os objetivos educacionais que se queira atingir. Como considera Rieber (1992), por exemplo, um tutorial é adequado para a apresentação de assuntos de modo organizado e em uma seqüência lógica. Entretanto, podem



ser monótonos e tendem a promover um aprendizado passivo, em um nível superficial. As simulações e os jogos educativos podem proporcionar atividades motivadoras e baseadas em descoberta, mas tornam difícil a apresentação e validação de um determinado conjunto de objetivos de aprendizagem.

Uma possibilidade para aproveitar as características favoráveis de cada modalidade e minimizar suas desvantagens é a elaboração de *softwares* que utilizem duas ou mais abordagens em conjunto. Por exemplo, pode-se aprender princípios básicos de um aspecto da realidade em um tutorial e aprofundar seu entendimento em uma simulação.

2.4. Características da Hipermídia

2.4.1. Características Gerais

Lévy (1996:25-6), utilizando o termo hipertexto de modo equivalente ao termo hipermídia, considera que a hipermídia pode ser caracterizada por seis princípios abstratos:

1. Princípio da metamorfose

"A rede hipertextual está em constante construção e renegociação. Ela pode permanecer estável durante um certo tempo, mas esta estabilidade é em si mesma fruto de um trabalho". Sua extensão, sua composição e seu desenho estão permanentemente sendo modificados.

2. Princípio da heterogeneidade

"Os nós e as conexões de uma rede hipertextual são heterogêneos". Nela serão encontradas elementos de procedências diversas, tais como palavras, textos, imagens, desenhos, filmes, sons, documentos, etc., com diferentes tipos de conexões entre os mesmos.

3. Princípio de multiplicidade e de encaixe das escalas

"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 dos graus de precisão".



4. Princípio de exterioridade

"A rede não possui unidade orgânica, nem motor interno. Seu crescimento e sua diminuição, sua composição e sua recomposição permanente dependem de um exterior indeterminado: adição de novos elementos, conexões com outras redes, excitação de elementos terminais (captadores), etc". Por exemplo, um hipertexto pode ser alterado por seu programador, que insere informações atualizadas, ou vai se constituindo de maneira específica para cada leitor do documento, que vai trilhando caminhos por ele escolhidos.

5. Princípio de topologia

"Nos hipertextos, tudo funciona por proximidade, por vizinhança. Neles, o curso dos acontecimentos é uma questão de topologia, de caminhos. Não há espaço universal homogêneo onde haja forças de ligação e separação, onde as mensagens poderiam circular livremente. Tudo que se desloca deve utilizar-se da rede hipertextual tal como ela se encontra, ou então será obrigado a modificá-la. A rede não está no espaço, ela é o espaço".

6. Princípio de mobilidade dos centros

"A rede 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 de pequenas raízes, de rizomas, finas linhas brancas esboçando por um instante um mapa qualquer com talhes delicados, e depois correndo para desenhar mais à frente outras paisagens do sentido".

Conklin (1987) considera que os sistemas hipermídia apresentam as seguintes características principais:

- O banco de dados é formado por uma rede de nós com texto e/ou elementos de multimídia, que pode ser considerado como uma espécie de *hiperdocumento*.
- As janelas na tela do computador correspondem aos nós do banco de dados em uma relação de um para um, e cada uma tem um nome ou título que é sempre mostrado na janela. Somente um pequeno número de nós são ativados como janelas na tela em um mesmo momento.
- É possível reposicionar, fechar e colocar de lado como um pequeno ícone (minimizar) cada uma das janelas exibidas. Fechar uma janela faz com que ela desapareça após as alterações realizadas serem gravadas no nó do banco de dados. Acionar com o *mouse* o ícone de uma janela minimizada faz com que ela se abra instantaneamente.

- As janelas podem conter qualquer número de ícones de ligação, quais portas de acesso a outros nós do banco de dados. O ícone de ligação contém um pequeno campo com um texto que sugere o conteúdo do nó para o qual ele aponta. Acionar um ícone de ligação com o *mouse* faz com que o sistema encontre o nó referenciado e abra imediatamente uma nova janela para exibi-lo na tela.

- O usuário pode criar facilmente novos nós e novos *links* entre esses novos nós, para adicionar suas anotações e comentários. Também pode criar novas conexões entre os nós existentes.

- Pode-se navegar no banco de dados de três maneiras: seguindo *links* e abrindo janelas sucessivamente para examinar seus conteúdos; fazendo-se a busca no banco de dados por algum conjunto de caracteres, palavra-chave, ou valor de atributo; e navegando pelo hiperdocumento usando-se um mapa que mostra a rede graficamente, propiciando uma noção espacial e contextual dos nós que estão sendo vistos e de como estão relacionados aos nós vizinhos. O usuário pode selecionar se os nós e *links* exibem seus rótulos ou não. Um instrumento de navegação que possibilita percorrer o hiperdocumento é também denominado *browser*.

Em aplicações concretas, pode-se deparar com sistemas hipermídia que não apresentem necessariamente todas essas características. Alguns sistemas podem ser constituídos considerando-se menos ou até mesmo uma lista mais ampla de aspectos.

A possibilidade de realizar leitura não-linear não é uma exclusividade da hipermídia, pois o texto tradicional impresso também apresenta uma série de recursos para indicar idéias relacionadas ao contexto principal. Um autor pode fazer comentários adicionais usando parênteses, notas de rodapé e expressando idéias complementares entre barras. Mapas e legendas também apresentam informações a parte do fluxo principal do texto. Utilizando-se de índices e sumários, o leitor pode dirigir-se diretamente ao assunto que o interessa em um dado momento. Em uma enciclopédia são freqüentes as remissões de um artigo para outro. As referências bibliográficas também apontam outras fontes que trazem mais idéias sobre o assunto estudado. Os bancos de dados clássicos possibilitam realizar buscas por palavras-chave e trazer de um grande conjunto de documentos aqueles que apresentem maior interesse para o leitor.

Entretanto, os sistemas hipermídia possibilitam que as referências sejam seguidas com grande facilidade, exigindo somente o acionamento de algumas teclas ou alguns movimentos com o *mouse*. E, sobretudo, permitem que as informações sejam trazidas a uma grande velocidade pois, ao se acionar um *link*, a reação do sistema para atender à solicitação do usuário não deve demorar mais do que um ou dois segundos.

Esta rapidez e facilidade não se encontra nos textos impressos, que requerem em geral mais tempo e esforço físico para o acesso ao material desejado. Na pesquisa em certos bancos de dados às vezes é necessário esperar vários dias até que um documento solicitado possa ser acessado, envolvendo até mesmo o deslocamento físico da cópia impressa de uma cidade para outra. Na consulta a uma enciclopédia impressa, para acompanhar as referências entre os artigos é necessário em certas pesquisas lidar com diversos volumes que devem ser retirados da estante e carregados até o local de consulta.

2.4.2. Hipermídia enquanto Instrumento para Conexões

A possibilidade de estabelecer ligações entre quaisquer documentos do banco de dados mediante recursos do computador é a principal característica da hipermídia, que se relaciona à rapidez e flexibilidade no acesso à informação. É pelos *links* que se estabelece a identidade de um hiperdocumento, levando à definição de sua estrutura

Segundo Conklin (1987), as ligações entre dois pontos de um sistema hipermídia podem ser feitas por dois métodos:

a) Por referência

No método de ligação por referência, dois pontos ou regiões no texto são conectados por *links* de referência, que geralmente possuem duas terminações e são direcionados para frente, embora a maior parte dos sistemas permita o movimento de retorno ao longo do *link*. Este é um método não-hierárquico.

A origem do *link* é denominada de "fonte do *link*", que geralmente atua como a *referência*. A fonte pode ser apenas um único ponto ou uma região do texto. A outra terminação, chamada de "destino do *link*", em geral atua como o *referente*, também podendo ser um ponto ou uma região.



Um *ponto de ligação* é algum sinal (e.g.: ícone, palavra em destaque) que indica a presença do *link*, que pode mostrar o nome do *link* e seu tipo, assim como o nome e/ou tipo do nó de destino. Uma *região de ligação* é um conjunto de caracteres contíguos exibidos como uma unidade. O tipo mais comum de *link* é aquele em que a fonte é um ponto e o destino é uma região. Nesse tipo de *link*, um segmento de texto é referenciado por algum pedaço menor de texto, geralmente uma palavra ou frase.

b) *Por organização*

No método de ligação por organização, os *links* de organização estabelecem ligações entre dois pontos do sistema hipermídia, de modo semelhante aos *links* de referência, com a diferença de apresentarem a informação segundo uma hierarquia.

Os *links* de organização conectam um "nó-mãe" com seus "nós-filhos", formando uma estrutura em árvore dentro da estrutura do sistema hipermídia e, ao invés de aparecerem como ícones destacados de modo explícito, são freqüentemente percorridos por meio de um mecanismo separado no nível do nó de controle, contendo por exemplo comandos especiais como "vá para o nó-mãe", "vá para o primeiro nó-filho" e "vá para o próximo nó-irmão".

Além dessas ligações explícitas, Conklin (1987) também identifica ligações implícitas, que podem ser realizadas com palavras-chave, que possibilitam realizar buscas em documentos grandes e complexos utilizando-se de conjuntos de caracteres. Enquanto os *links* usuais geralmente levam a um único nó, os *links* por palavras-chave podem levar a diversos nós.

2.4.3. Modularização de Idéias Propiciada pelos Nós da Hipermídia

Segundo Conklin (1987), a maior parte dos usuários de sistemas hipermídia são favoráveis a usar os nós para expressar um único conceito ou idéia, possibilitando que uma idéia individual seja referenciada em qualquer lugar e que outras alternativas possam ser oferecidas ao leitor a partir de uma determinada unidade. Este tipo de característica também é procurada quando, em um texto impresso, cada parágrafo corresponde a uma idéia distinta.

Entretanto, um problema com a hipermídia é que, em alguns sistemas, a única informação sobre o nó de destino é aquela indicada pelo nome do *link* ou do nó de destino, o que pode ocasionar um problema sério de ocultamento de informações.



A expressão de idéias por objetos discretos que podem ser conectados, movidos e modificados como entidades independentes contribui para que o processamento de informações aproxime-se do modo como as pessoas pensam, em termos de idéias, fatos e evidência, e não com base em telas cheias de informação. Em geral, ao se elaborar um texto, à estrutura hierárquica existente são adicionados parágrafos, seções e idéias de modo não-linear, à medida em que vão surgindo na mente de quem escreve e as relações entre os conceitos vão gradualmente se explicitando.

2.4.4. Analogia com as Redes Semânticas

O conceito de hipermídia apresenta semelhanças com o conceito de redes semânticas desenvolvido em inteligência artificial (IA).

Segundo Rich and Knight (1994:291), em uma rede semântica "as informações são representadas como um conjunto de nós conectados entre si através de um conjunto de arcos marcados, que representam as relações entre os nós".

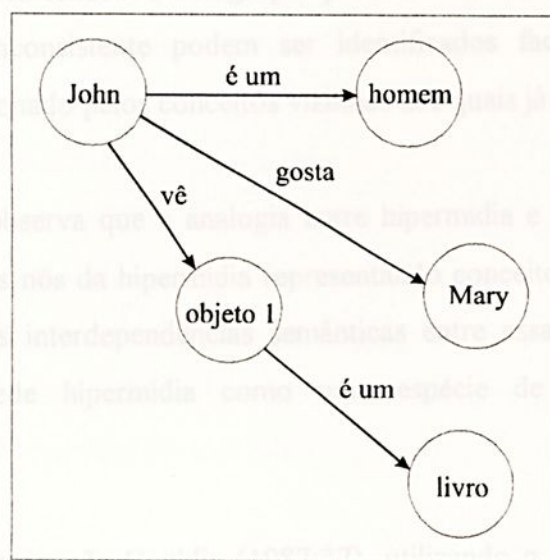


Figura 2.2. Uma rede semântica.

O principal propósito das redes semânticas, como expõem Fischler e Firschein (1987), é possibilitar a formulação de respostas a questionamentos gerais. Isto pode ser exemplificado na figura 2.2, correspondente a uma rede semântica que representa os seguintes fatos: John é um homem; John gosta de Mary; John vê o objeto 1; e o objeto 1 é um livro. Através dessa rede, é possível responder a questões como "De quem John gosta?" e "John vê um livro?".

Para responder à esta última questão, é necessário percorrer o caminho "John vê o objeto 1" e "o objeto 1 é um livro".

Segundo Richard (s.d.) em cada nó de uma rede semântica são guardadas as propriedades específicas do conceito, enquanto as propriedades que o conceito tem em comum com os outros conceitos são guardadas em um nó superior da rede. Por exemplo, considerando-se o conceito "pássaro", as propriedades "tem asas", "tem penas", "pode voar" são guardadas no nó correspondente a este conceito. Já as propriedades "respira", "come", "se desloca", "tem pele" são propriedades guardadas no nível de conceito "animal".

Neste tipo de representação, é necessário armazenar na memória apenas as propriedades específicas de um determinado conceito, enquanto as demais podem ser inferidas subindo-se na árvore conceitual, o que é denominado herança de propriedade.

Segundo Conklin (1987) uma vantagem das redes semânticas é que seu uso é natural, pois conceitos relacionados tendem a se agrupar próximos na rede, e conceitos definidos de modo incompleto ou inconsistente podem ser identificados facilmente se um contexto significativo for proporcionado pelos conceitos vizinhos aos quais já está associado.

Conklin (1987) observa que a analogia entre hipermídia e redes semânticas é direta, pois pode-se conceber os nós da hipermídia representando conceitos ou idéias, os *links* entre os nós representando as interdependências semânticas entre essas idéias e o processo de construção de uma rede hipermídia como uma espécie de engenharia informal do conhecimento.

A diferença, como expõe Conklin (1987:37), utilizando o termo hipertexto de modo equivalente ao termo hipermídia, é que

os engenheiros do conhecimento em IA estão geralmente esforçando-se para construir representações que podem ser interpretadas mecanicamente, enquanto o objetivo do escritor do hipertexto é, freqüentemente, capturar uma coleção de idéias entretecida sem considerar sua interpretabilidade pela máquina.

A analogia entre hipermídia e redes semânticas pode ser útil em considerações sobre a estrutura que deve ser projetada para um sistema hipermídia visando a um melhor resultado na transmissão de informações, possibilitando que teorias sobre a cognição humana sejam aplicadas em sua elaboração. Este é um campo aberto a pesquisas, que podem beneficiar o processo de ensino e aprendizagem de conceitos em diversas áreas do conhecimento.

2.4.5. Características da Hipermídia Educativa

Na transição da instrução assistida por computador ou da instrução gerenciada por computador para a multimídia, Reisman & Carr (1991) consideram as seguintes características significativas:

- Uso ampliado de materiais na forma de figuras e áudio.
- Compactação do sistema, com a exibição de todas as formas de mídia integradas em uma única estação de trabalho.
- Integração da aplicação instrucional com outras aplicações.
- Ampliação do controle pelo usuário, que pode realizar um curso da maneira mais confortável para si, utilizando-se de funções tais como: ir para o próximo segmento, voltar para o segmento anterior, ir para o menu principal, parar vídeo, iniciar vídeo, ver o mapa do curso e sair do curso, dentre outras.
- Uso de tela sensível ao toque para a entrada de dados.
- Uso ampliado das modalidades simulação e solução de problemas, que se adaptam bem ao vídeo interativo, sobretudo quando movimento realístico é requerido.
- Sistemas de autoria e apresentação de *softwares* educacionais como gerenciadores de mídia, possibilitando a integração de diversas modalidades de mídia no desenvolvimento dos programas e sua utilização por autores com diferentes níveis de habilidade.

Dentre as possibilidades para o uso da hipermídia na educação destacadas por Clunie e Souza (1995), que podem contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, encontram-se:

- *Representação do conhecimento.* Representação do conhecimento de modo flexível e não-linear, semelhante às redes semânticas e ao funcionamento associativo da mente humana, tal como se observa nos padrões da memória, pensamento e da conduta humana.
- *Ferramenta cognitiva.* Atuação como ferramenta cognitiva, que pode auxiliar o aluno em tarefas e processos cognitivos complexos, com recursos do computador, tais como,



velocidade de processamento, capacidade de armazenamento, resolução gráfica e múltiplas janelas na tela, que possibilitam ampliar e prolongar a cognição humana. Com este apoio, o aluno pode estar mais livre para empregar seus recursos cognitivos em questões mais complexas, tais como a resolução de problemas. Com a possibilidade de autoria de sistemas hipermídia pelo próprio aluno, este pode estar sempre ativo no processo, construindo seu próprio conhecimento.

- *Aprendizagem acelerativa.* Intensificação da aprendizagem, com a possibilidade do estudante criar suas próprias associações ou mapas conceituais e elaborar representações originais. Os alunos com dificuldades para expressar idéias por escrito podem fazê-lo mediante uma combinação de imagens, sons e textos, com novas classes de materiais para aprendizagem.

- *Criação de histórias.* Elaboração de uma história interativa pelo aluno, possibilitando que suas idéias sejam desenvolvidas, com a transformação de pensamentos informais e desestruturados em uma apresentação estruturada. O ambiente de autoria possibilita a livre manipulação dos elementos gráficos, textuais e sonoros que compõem as telas, abrindo novas perspectivas para a auto-expressão e composição ativa do aluno.

- *Exploração livre.* Livre navegação pelo espaço literário, permitindo a exploração dos documentos em qualquer sequência desejada, conforme a estrutura criada pelo autor, seja de modo linear ou desviando-se temporariamente com o acionamento de *links* relacionados ao tema principal, segundo o interesse do momento.

- *Trabalho cooperativo.* Acesso de um mesmo documento por diversos alunos, mediante uma rede de computadores, possibilitando a interação, a realização de discussões e o intercâmbio de idéias e informações objetivando a realização de alguma tarefa em conjunto e de modo cooperativo.

- *Representação da realidade.* Refletir a realidade do assunto que está sendo tratado, com o controle automático de versões embutido a cada operação, em trabalhos nos quais podem participar vários alunos de modo cooperativo.

- *Aprendizagem por descoberta.* Liberdade para associar informações e idéias, possibilitando o estabelecimento de relações entre os conceitos resultantes da evolução dos trabalhos e sua integração à estrutura do conhecimento já existente. Este processo individual conduz o estudante à aprendizagem.

- *Motivação.* Possibilidade de atendimento às necessidades de satisfação e estímulo do aluno frente à novidade, com ambientes interativos que demandam a atuação permanente.



- *Fantasia e curiosidade.* Exploração da curiosidade mediante a variação dos efeitos visuais e auditivos e da apresentação de temas de interesse para os estudantes, que possam surpreendê-los e intrigá-los. Exploração da fantasia com a evocação de imagens mentais ou situações físicas ou sociais que realmente não estão presentes.

- *Administração da informação.* Possibilidade de construção de bancos de informações pelos estudantes, em tarefas que exigem a organização da informação de fontes diversas e sua representação como texto, imagens e sons, mediante a composição de nós que podem ser interconectados com a utilização de botões.

- *Integração de recursos.* Integração da informação de meios diversos tais como texto, gráfico, imagens fixas e em movimento, sons e programas, em um único hiperdocumento, possibilitando a visualização da associação resultante.

Segundo Babbitt & Usnick (1993), a hipermídia é um ambiente ideal para auxiliar os estudantes a estabelecer conexões entre os assuntos estudados, pois possibilita criar facilmente ligações entre conceitos, definições, representações e aplicações relacionadas, ampliadas com a adição de som, movimento e gráficos. A rede de conhecimentos resultante destas conexões tem o potencial de ser mais rica e forte que o conhecimento obtido com apresentações tradicionais.

Trotter (1989) considera que a hipermídia apresenta duas características que muitos educadores consideram consistentes para aprendizagem: o estudante está no controle, tendo que realizar escolhas constantemente e pode abordar qualquer tópico utilizando diversos tipos de mídia. Ter opções de escolha e variedade contribui para diminuir a probabilidade de que os estudantes sintam-se aborrecidos; e a utilização de diversas modalidades de mídia amplia as oportunidades para a aprendizagem, porque texto, gráfico e som reforçam-se uns aos outros.

Marchionini (1988) observa três características dos sistemas hipermídia com grande potencial para as atividades educacionais:

- 1) Possibilitam reunir grandes coleções de material instrucional em uma variedade de meios em um volume reduzido, com acesso fácil e rápido. Estes materiais podem ser inter-relacionados de maneiras diversas com *links* que sugerem caminhos pela informação e conectam o estudante a materiais de suporte tais como dicionários, enciclopédias e outros.



2) Constituem um meio habilitador e não-diretivo, oferecendo altos níveis de controle pelo estudante, que pode optar por seguir trilhas bem marcadas ou abrir caminho por novas trilhas conforme suas habilidades e objetivos. A hipermídia requer que o estudante tome decisões constantemente e avalie seu progresso, forçando a utilização de habilidades de pensamento de ordem superior.

3) Apresentam potencial para alterar os papéis de professores e alunos, e as interações críticas entre eles. A hipermídia permite que os estudantes criem associações e interpretações únicas da informação em um hiperdocumento, que podem ser gravadas, revistas, modificadas e compartilhadas com outros estudantes e com os professores mediante a constituição de trilhas pela informação, proporcionando experiências mais ricas e desafiadoras, e estimulando uma interação constante com os mesmos.

2.5. Classificação dos Sistemas Hipermídia

Os sistemas hipermídia possibilitam um amplo campo para aplicações em diferentes áreas e contextos, podendo ser adaptados para melhor atenderem aos propósitos de seus usuários. Deste modo, segundo as características peculiares e as aplicações a que se destinam, pode-se fazer a classificação dos sistemas hipermídia.

Conklin (1987) identifica quatro áreas abrangentes para as quais sistemas hipermídia foram desenvolvidos:

1. *Sistemas macro literários*

Bibliotecas virtuais acessadas pelo computador, apresentando uma quantidade muito grande de informação, com as ligações entre os documentos realizadas com o emprego da máquina, possibilitando a leitura, colaboração, críticas e publicação na própria rede. Nesses sistemas, os leitores podem adicionar suas contribuições à rede sem que se percam os documentos originais. O *memex* de Bush, o *NLS* de Engelbart e o projeto *Xanadu* de Nelson são sistemas hipermídia desta categoria.

2. *Ferramentas de exploração de problemas*

Ferramentas que apoiam o processo de autoria e delineamento, resolução de problemas, programação e elaboração de projetos, quando o pensamento ainda não foi muito estruturado, encontrando-se em uma fase inicial de elaboração em que surgem muitas idéias



desconectadas. Esses sistemas de autoria-pensamento-programação apresentam mecanismos adequados para filtrar, organizar e percorrer amplas quantidades de informação relativamente desestruturada.

Um exemplo desse tipo de hipertexto é o *WE*, desenvolvido por um grupo da Universidade da Carolina do Norte (EUA), projetado para apoiar o processo de elaboração de textos. A escrita é enfocada como um processo em que uma rede livremente estruturada de idéias internas e fontes externas é primeiramente organizada em uma hierarquia apropriada ou esboço, que é então transformada em um fio linear de palavras, frases, etc. Para auxiliar nesse processo, o *WE* apresenta duas janelas maiores para a visualização do material (constituído por nós e *links* contendo texto). Na janela gráfica, o material pode ser disposto com pouca estruturação, em qualquer localização, e os nós podem ser agrupados em pilhas que apresentem alguma inter-relação ou colocados entre pilhas diferentes caso se relacione com ambas. Na janela hierárquica podem ser copiados os nós à medida em que alguma estrutura conceitual começa a emergir do processo. Para isto, o *WE* possui diversos comandos especializados para mover e estruturar o material entre estes dois modos de visualização.

3. Sistemas de navegação

São similares aos sistemas macro literários, mas menores em escala, voltados para o ensino, referência e informação pública. Nesses sistemas, a facilidade para o uso e a *interface* amigável são essenciais. Em geral esses sistemas não possibilitam que o usuário comum adicione novas informações.

Um exemplo deste tipo de sistema é o *Hyperties* de Shneiderman, desenvolvido para ser uma ferramenta prática e fácil de aprender para a navegação em bancos de dados instrucionais e como uma plataforma experimental para a pesquisa sobre a elaboração de *interfaces* hipermídia. *Hyperties* foi usado em uma exibição sobre a Áustria e o Holocausto em um museu de Washington (EUA). Suas unidades básicas são artigos curtos, que apresentam de 50 a 1000 palavras em média, interligados por um grande número de *links*. Os *links* são palavras ou frases destacadas no texto do artigo, ativados pelo toque do usuário com o dedo na tela ou pelo teclado, que levam a outro artigo relacionado. O sistema permite que o usuário volte com facilidade de caminhos exploratórios trilhados.



4. Tecnologia geral de hipertexto

Sistemas de propósito geral, projetados para permitir a realização de experimentos em diversos tipos de aplicação da hipermídia, tais como leitura, escrita e colaboração, dentre outros. Sua principal finalidade é a experimentação da hipermídia em si enquanto tecnologia.

Um exemplo é o *Intermedia*, desenvolvido na Universidade de Brown (EUA) visando à experimentação em sala de aula mediante o uso dos computadores. Esse sistema foi desenvolvido como um ambiente de trabalho com um conjunto de ferramentas que permitem a criação de *links* entre documentos contendo vários tipos de mídia, tais como texto, linhas do tempo, diagramas, imagens, documentários em vídeo e música. *Intermedia* foi elaborado para que os professores pudessem organizar e apresentar o material de suas aulas pelo computador e os estudantes pudessem estudar os materiais e adicionar suas próprias anotações, em um meio interativo. Uma preocupação fundamental do grupo de pesquisa do *Intermedia* era proporcionar ao usuário maneiras efetivas de gerenciar a complexidade crescente do ambiente hipermídia.

Jonassen (1986) considera os seguintes tipos de estrutura para os sistemas hipermídia:

1. Sistema hipermídia segmentado ou nó-link

Proposto Nelson, este tipo de sistema hipermídia funciona como um glossário de acesso não-sequencial, possibilitando o acesso direto a qualquer nó do sistema. Este sistema pode ser constituído por meio de um sumário, que possibilita o acesso aos nós que se deseja examinar a partir de um *menu* contendo o título dos nós ou a partir de um mapa que exhibe graficamente os nós, como o representado na figura 2.3. O sumário deve ser organizado de tal forma que não seja representada uma sequência a ser seguida, devendo ser atribuída igual importância a cada tópico. Outra opção para a elaboração do sistema é um índice de assuntos que exhibe os tópicos para escolha em uma ordem arbitrária, como por exemplo, alfabética.

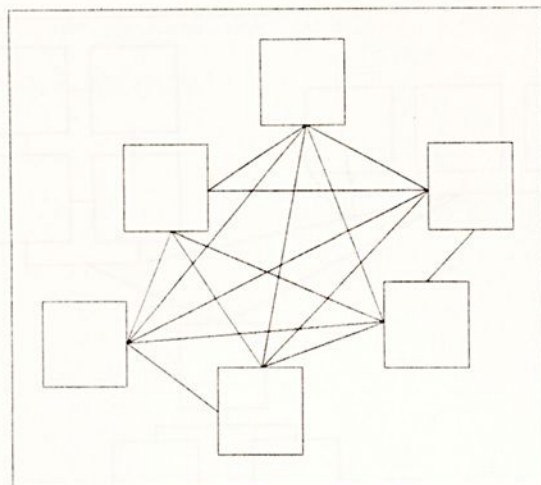


Figura 2.3. Sistema hipermídia nó-link. Diagrama representando um sistema hipermídia nó-link, em que o acesso é possível a partir de qualquer nó.

Neste sistema hipermídia o leitor pode realizar escolhas em qualquer parte do hiperdocumento por intermédio de termos do texto ou locais que são assinalados por um asterisco ou destacados em negrito, sublinhado ou com a utilização de cores. Ao acionar o tópico assinalado mediante uma tecla, o leitor salta imediatamente para o assunto correspondente, podendo retornar diretamente ao local de onde partiu. As opções de escolha também podem ser indicadas por ícones com rótulos ou etiquetas contendo o título de nós, por botões ou por figuras em destaque.

Um sistema hipermídia completamente aberto deve possibilitar ao leitor o acesso a qualquer outra tela a partir daquela em que se encontra, simplesmente acionando-se um termo assinalado ou digitando-se o termo que se deseja explorar. O autor do sistema pode também sugerir certas conexões organizando referências cruzadas, tais como "veja" e "veja também", para evitar que as associações estabelecidas pelo leitor sejam sem significado. Ao sair de uma apresentação de texto o leitor seria conduzido ao índice ou subíndice mostrando as conexões possíveis daquele ponto do hipertexto. Outra opção é a apresentação de uma lista de termos relacionados em uma janela na parte inferior da tela.

2. Sistema hipermídia estruturado

O sistema hipermídia estruturado é constituído por blocos de nós, cada qual acessível a partir de qualquer outro conjunto. Cada bloco de nós consiste de um arquivo de texto ou banco de dados separado, com o sistema hipermídia atuando como um metabanco de dados, que controla o acesso a cada um dos banco de dados específicos.

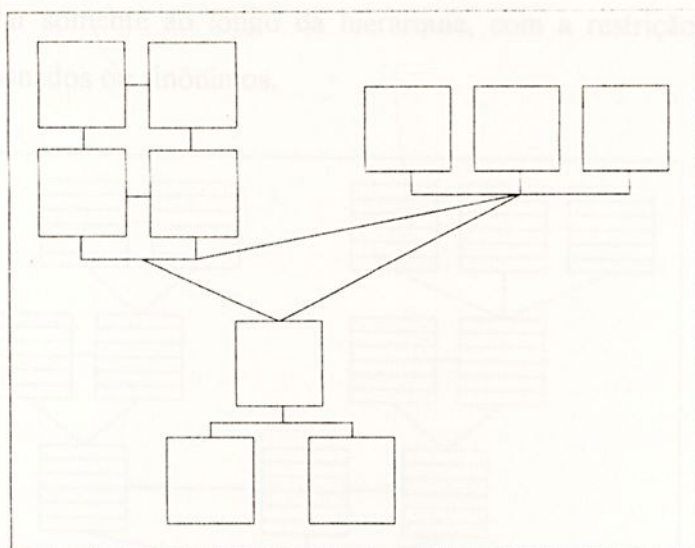


Figura 2.4. Sistema hipermídia estruturado. Diagrama representando um sistema hipermídia estruturado.

Como no sistema hipermídia segmentado, o acesso a cada um dos blocos de nós poderia ser feito a partir de índices ou menus. Ao se acessar um bloco de nós, sua estrutura deve ser exibida nas telas correspondentes, possibilitando a escolha das telas a serem vistas na ordem desejada. Um determinado bloco de nós pode ser estruturado de modo que o nó introdutório exiba o nome de um conceito e um menu que possibilita o acesso a subestruturas detalhadas, tais como definições, exemplos, ilustrações, regras envolvendo o conceito, descrição de aplicações, e uma lista de conceitos relacionados. De qualquer tela deste conjunto de nós, constituindo uma unidade, poderia ser acessado um outro conjunto, correspondente a uma outra unidade.

3. Sistema hipertexto hierárquico

Nesta modalidade de sistema hipermídia o conteúdo é estruturado de modo hierárquico, com o texto correspondente aos conceitos mais específicos incluídos nos conceitos mais gerais. A hierarquia estabelecida exige que os usuários movam-se para cima e para baixo ao longo da mesma para acessar os conceitos relacionados.

Cada bloco unitário apresenta relações hierárquicas definidas previamente, em termos de superordenação ou subordenação, podendo consistir de um conjunto de telas mostrando, por exemplo: termos chave; sinônimos; termos mais amplos, ou seja, blocos de informação na parte superior da hierarquia; termos mais específicos, ou seja, mais detalhados na parte inferior da hierarquia; outras informações relacionadas, como analogias; dentre outros. O movimento

do usuário pode se dar somente ao longo da hierarquia, com a restrição dos movimentos laterais a termos relacionados ou sinônimos.

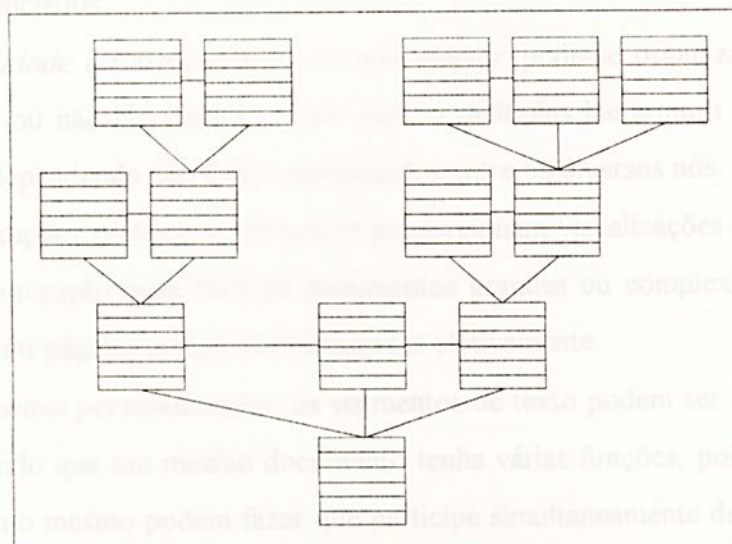


Figura 2.5. Sistema hipermídia hierárquico. Diagrama representando um sistema hipermídia hierárquico. Cada bloco representa um conjunto de nós ou telas.

Quanto às possibilidades para se introduzir modificações, Byers (Apud Lucena, 1987), identifica dois tipos de sistemas hipermídia:

1. *O hipermídia estático*, que possibilita a navegação interativa sem permitir ao usuário realizar alterações no banco de dados.
2. *O hipermídia dinâmico*, no qual o usuário pode adicionar ou desfazer conexões (*links*).

2.6. Vantagens e Desvantagens da Hipermídia

A hipermídia evidencia-se como uma tecnologia que amplia as possibilidades para o trabalho com a informação, com sua implementação por meio de computadores. As principais vantagens da hipermídia são resumidas por Conklin (1987) nos seguintes itens:

- *Facilidade para percorrer referências*: pode-se seguir com facilidade para frente, em direção ao referente, e para trás, de volta à referência, por meio dos *links* estabelecidos com apoio do computador.

- *Facilidade para criar novas referências*: os usuários podem ampliar seus próprios documentos ou inserir anotações nos documentos de outras pessoas, sem alterar os documentos referenciados.

- *Flexibilidade na estruturação da informação*: pode-se organizar a informação de modo hierárquico ou não-hierárquico, e até mesmo múltiplas hierarquias podem organizar o mesmo material, dependendo dos *links* estabelecidos entre os diversos nós.

- *Visualizações globais*: os *browsers* proporcionam visualizações na forma de índice, apoiando a reestruturação mais fácil de documentos grandes ou complexos; as visualizações global e local (nó ou página) podem ser misturadas efetivamente.

- *Documentos personalizados*: os segmentos de texto podem ser agrupados de várias maneiras, permitindo que um mesmo documento tenha várias funções, pois os múltiplos *links* estabelecidos com o mesmo podem fazer que participe simultaneamente de diferentes redes de informação, cada qual acessada conforme o caminho percorrido pelo leitor.

- *Modularidade da informação*: como um mesmo segmento de texto pode ser referenciado de diferentes locais, as idéias podem ser expressas com menor sobreposição ou duplicação.

- *Consistência da informação*: as referências estão embutidas no texto e, se o texto é movido, mesmo que seja para outro documento, a informação sobre a ligação ainda proporciona acesso direto ao item referenciado.

- *Simultaneidade de tarefas*: pode-se ter vários caminhos de investigação ativos e exibidos na tela ao mesmo tempo, convergindo para a realização de uma mesma tarefa.

- *Colaboração*: diversos autores podem atuar de modo colaborativo, realizando comentários sobre o documento que são adicionados com o estabelecimento de *links* e podem ser acessados pelos outros leitores.

Embora a hipermídia apresente diversas vantagens para o trabalho envolvendo a informação, podem ser identificadas também algumas desvantagens que devem ser consideradas na elaboração e utilização destes sistemas, que têm motivado o desenvolvimento de novas técnicas e *interfaces* para sua minimização.

A hipermídia aplicada à educação possui amplo potencial para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, mas também apresenta problemas que devem ser considerados objetivando o reconhecimento de seus limites e seu uso adequado.



Marchionini (1988) identifica 3 categorias principais de problemas relacionados aos sistemas hipermídia educacionais: quanto à alfabetização; quanto ao ambiente de aprendizagem e quanto ao ambiente de ensino.

1) Alfabetização

A leitura e escrita de textos na forma eletrônica, em um meio organizado de modo não-linear e que reúne imagens, animações, vídeos e sons, requer novas estratégias e habilidades, que necessitam ser dominadas pelos professores e ensinadas aos estudantes para que ocorra a alfabetização informática, com aprendizado da linguagem utilizada nos sistemas hipermídia.

2) Ambiente de Aprendizagem

Os problemas relacionados à aprendizagem com a hipermídia compreendem:

- *Desorientação.* Os estudantes podem ficar desorientados devido à grande quantidade de informações disponíveis no banco de dados, e as estruturas que necessitam ser adicionadas para o gerenciamento da informação, tais como índices sofisticados, trazem uma sobrecarga cognitiva adicional aos novatos e usuários eventuais. Outra causa da desorientação se deve à estrutura não-linear do hiperdocumento, que possibilita o acesso a temas relacionados à linha principal de estudo por meio de *links*, mas pode gerar esquecimento quanto aos objetivos principais da exploração que está sendo realizada, com perda da noção de localização no hiperdocumento. A desorientação também ocorre devido à dificuldade em se avaliar quantidade e extensão em um meio virtual como a hipermídia, ao contrário de meios como um livro, em que o *feedback* é mais direto, a partir de referências físicas. Segundo Clunie & Souza (1995), o estudante pode ter também dificuldade para encontrar as informações que deseja devido ao fato dos sistemas hipermídia em geral fornecerem pouca informação sobre o conteúdo de um nó acessível por um determinado *link*, utilizando apenas uma ou poucas palavras para designar a conexão, proporcionando pouca noção de contexto para a busca.

- *A tirania das ligações.* Clunie & Souza (1995) consideram que a existência de uma quantidade muito grande de *links* pode trazer dificuldades para a navegação e a tomada de decisão sobre quais conexões realizar, ocasionando o problema da tirania das ligações.

- *Sobrecarga cognitiva.* Segundo Lucena (1994), a hipermídia proporciona ampla liberdade e grande percentual de controle por parte do estudante, o que pode deixá-lo confuso diante do aumento da exigência quanto à tomada de decisões, com a necessidade de escolher constantemente quais as conexões a serem feitas e quais devem ser ignoradas, gerando um problema de sobrecarga cognitiva.



- *Distração.* A grande quantidade de informações que pode ser acessada facilmente com o *click* do *mouse* pode fazer com que o estudante desvie sua atenção do conteúdo principal, envolvido com informações de interesse secundário, e que até mesmo realize interpretações equivocadas.

- *Progresso tecnológico.* Pode haver problemas ergonômicos devido à resolução deficiente das telas de computador, à periféricos de uso difícil e à inexistência de um planejamento para a estrutura do local de trabalho, incluindo os móveis, o que pode afetar o desempenho dos estudantes. Também há a exigência de equipamentos de *hardware* com maior velocidade e memória para lidar com gráficos, vídeos e sons de alta definição e possibilitar o acesso rápido aos *links*, demandando maior investimento financeiro.

- *Psicologia e sociologia humana.* Resistência às inovações trazidas pela tecnologia, que ocorrem de modo incessante, trazendo sempre novos equipamentos, *softwares*, *interfaces* e novas maneiras de se ensinar, aprender e pensar.

3) Ambiente de Ensino

Os problemas relacionados ao ensino com a hipermídia englobam:

- *Princípios e métodos para a elaboração de hiperdocumentos exemplares.* A elaboração de hiperdocumentos com razoável qualidade exige conhecimentos e técnicas específicas que a maioria dos professores não possuem, além do tempo que é necessário despendar para seu desenvolvimento. Também não é claro como os princípios tradicionais de *design* e estilo se aplicam aos hiperdocumentos.

- *Gerenciamento do ensino em meios eletrônicos.* O gerenciamento do ensino com utilização da hipermídia em conjunto com outros recursos de sala de aula tende a ser mais complexo. Pode ser necessário utilizar um tempo valioso em sala de aula para atender a problemas específicos do sistema, ao invés daqueles relacionados ao conteúdo do curso. As discussões em sala de aula a partir de caminhos percorridos pelos alunos em um banco de dados podem gerar esclarecimentos ou interpretações inadequadas, que modificam a rotina das aulas. O trabalho com computadores conectados em rede exige que as contribuições acrescentadas pelos alunos no sistema sejam constantemente recuperadas e avaliadas, ampliando a sala de aula para além dos limites físicos. As aulas tendem a mudar a ênfase da aprendizagem de fatos para a síntese e avaliação, podendo gerar inicialmente ansiedade nos professores e forçar que reavaliem seus papéis no processo de ensino e aprendizagem.



• *Criação de tarefas e atividades.* Um dos grandes potenciais da hipermídia para a educação é permitir ao aluno a tomada constante de decisões a cada *link*, criando livremente seus próprios caminhos pela informação, realizando interpretações e sínteses. Entretanto, torna-se complexo estabelecer tarefas com objetivos claros a serem atingidos em meios altamente interativos, pois é difícil antecipar todas as possíveis alternativas para as interações. Esta dificuldade também se verifica quando os objetivos requerem o uso de habilidades de pensamento de ordem superior, aplicadas em geral a problemas complexos ou subjetivos. As atividades indicadas pelos princípios de instrução tradicionais nem sempre são as mais adequadas para o uso da hipermídia. As tarefas e atividades propostas devem ajudar o estudante a adquirir a disciplina, responsabilidade e propósito para explorar um hiperdocumento com liberdade, mas de modo efetivo e eficiente.

• *Avaliação dos materiais e da aprendizagem.* É necessário o desenvolvimento e utilização de novos critérios para a avaliação da qualidade de sistemas hipermídia, pois os princípios existentes para a avaliação de livros impressos nem sempre são adequados ou suficientes para um meio eletrônico. Se os objetivos das tarefas com a hipermídia estão relacionados a processos e interações, torna-se necessário também inventar novas estratégias de avaliação da aprendizagem dos estudantes compatíveis com os mesmos.

Clunie & Souza (1995) e Lucena (1994), consideram também as seguintes dificuldades e problemas relacionados aos sistemas hipermídia, de modo geral:

• *O volume crescente de informações:* o aumento contínuo das informações geradas, ocasionando dificuldades para a filtragem da informação útil da informação irrelevante ou redundante, o que é mais notável sobretudo na *Internet*.

• *Problemas de manutenção:* a modificação do hiperdocumento, mediante o deslocamento de um texto para outra posição, ou a exclusão do mesmo, por exemplo, pode exigir muito esforço no processo manutenção de sistemas hipermídia com grande quantidade de *links*, ou mesmo torná-lo inviável.

• *Questões sobre a propriedade intelectual:* a legislação envolvendo os direitos da propriedade intelectual em sistemas hipermídia ainda não está bem constituída, sendo necessário estar ciente dos direitos autorais relativos aos textos, ilustrações, animações, filmes e sons incorporados em um sistema hipermídia.

- *Questões de compatibilidade*: a ausência ainda de padrões globais no desenvolvimento de sistemas hipermídia, o que faz com que os hiperdocumentos desenvolvidos com o auxílio de um *software* de autoria não possam ser utilizados com um outro *software* análogo.

Para contornar os problemas existentes com os sistemas hipermídia, vêm sendo desenvolvidas diversas estratégias, tais como:

- o aperfeiçoamento dos instrumentos de navegação pelo banco de dados, incluindo mapas globais e locais relativos aos *links* existentes entre os nós do hiperdocumento e o armazenamento dos caminhos percorridos pelo usuário, possibilitando que este retorne tela a tela pela trilha que percorreu; também é possível que, antes de optar por realizar um determinado *link*, o usuário receba do sistema uma descrição resumida sobre o conteúdo do nó de destino; outra estratégia é a utilização de técnicas de busca por palavras-chave, para a localização de nós com a informação desejada.

- a adição de estruturas ao sistema hipermídia tais como excursões orientadas para evitar a distração.

- a elaboração de sistemas hipermídia que ativem ou desativem *links* automaticamente, conforme o contexto da navegação que o usuário esteja realizando, e que apresentem a estrutura e tipo das ligações de modo claro, possibilitando contornar o problema da tirania das ligações.

- o planejamento do ambiente em que estarão sendo desenvolvidas as atividades com o computador, de modo a torná-lo mais adequado ao trabalho educacional, e o desenvolvimento de equipamentos e *interfaces* amigáveis, para facilitar a interação com a máquina.

- o desenvolvimento de *softwares* de autoria que exigem pouco conhecimento de programação e apresentam recursos para facilitar a composição das telas, o estabelecimento de *links* e a definição das interações possíveis, tornando acessível o processo de autoria aos professores.

- a melhoria dos projetos de sistemas hipermídia, para possibilitar a manutenção automatizada e eficiente, em que o próprio computador é capaz de atualizar as ligações envolvidas ao se efetuar mudanças de posição de nós ou exclusões de texto.

Ao professor cabe um papel importante para minimizar os efeitos das deficiências e problemas com os sistemas hipermídia educativos, o qual pode incluir:

- orientar os estudantes na busca do conhecimento e fornecer informações que ajudem os autores de hiperdocumentos a atenuar a desorientação.

- examinar com os estudantes estratégias para a filtragem da informação, maneiras para avaliar inter-relações e o processo de auto-aprendizagem, enfatizando os objetivos principais a serem atingidos com determinado estudo, evitando a distração.

- explorar o interesse do estudante ao se deparar com alguma informação adicional sobre o tema de estudo, cuja discussão não estava prevista mas pode contribuir para a aprendizagem, aproveitando o potencial oferecido pela variedade de informações do banco de dados e a facilidade para acessá-las.

- atuar como elemento fomentador da utilização de novas tecnologias e estratégias de ensino que possam trazer benefícios para a área educacional, buscando a própria atualização quanto aos avanços neste campo de modo permanente.

- reavaliar sua atuação no processo de ensino e aprendizagem, definindo estratégias de ensino e avaliação mais adequadas às modificações introduzidas com a hipermídia.

Segundo Lévy (1996), uma desvantagem da hipermídia quando comparada a meios clássicos de escrita, pode ser percebida ao se analisar um jornal, por exemplo. Este se encontra todo em *open field*, já quase inteiramente desdobrado, possibilitando que a informação seja examinada com um sobrevôo, proporcionando uma visão geral do conteúdo até a escolha de um item que desperte a atenção. A *interface* informática na tela do computador, por outro lado, apresenta o texto de modo extremamente redobrado, disponibilizando somente uma superfície muito pequena para o acesso à informação em um mesmo instante.

Apesar disto, como considera Lévy (1996:36), existem as seguintes compensações para os inconvenientes da consulta pela tela, que se disseminaram em informática durante os anos oitenta e são considerados como princípios básicos da interação amigável, que possibilitaram a elaboração e expansão dos sistemas hipermídia:

- "a representação figurada, diagramática ou icônica das estruturas de informação e dos comandos (por oposição a representações codificadas ou abstratas)";

- "o uso do 'mouse' que permite ao usuário agir sobre o que ocorre na tela de forma intuitiva, sensoriomotora e não mediante o envio de uma seqüência de caracteres alfanuméricos";



- "os 'menus' que mostram constantemente ao usuário as operações que ele pode realizar";
- "a tela gráfica de alta resolução".

Avanços tecnológicos devem contribuir para que a consulta aos sistemas hipermídia torne-se mais fácil e cômoda ainda. Dispositivos como o CD-ROM já possibilitam que grandes quantidades de informação sejam armazenadas em um espaço reduzido. Em breve, poder-se-á contar com leitores laser miniaturizados e telas planas ultraleves, possibilitando o transporte fácil dos hiperdocumentos e o seu acesso em qualquer local.

Mediante a pesquisa da hipermídia e suas aplicações devem surgir novas soluções relacionadas à sua utilização, incluindo os aspectos técnicos ligados ao armazenamento e recuperação mais eficientes da informação. Isto possibilitará o estabelecimento de princípios mais claros e efetivos para o desenvolvimento e avaliação de hiperdocumentos educacionais, a formulação de novas estratégias para a realização de atividades em sala de aula e a implementação de maneiras alternativas para a avaliação da aprendizagem dos estudantes, otimizando o processo de ensino e aprendizagem com a hipermídia.

2.7. Desenvolvimento de Sistemas Hipermídia

O desenvolvimento de sistemas hipermídia requer uma série de considerações que englobam de modo geral a seleção do material a ser apresentado, sua estruturação em nós do hipertexto, o estabelecimento de ligações relevantes entre os nós, a elaboração do projeto gráfico e sonoro e o estabelecimento de recursos para a navegação no banco de dados, além de uma série de detalhes que dependem da área do conhecimento com que se relaciona e do público a que se destina.

Jonassen (1986) considera as seguintes etapas no desenvolvimento de um sistema hipermídia:

- *Identificação de todos os conceitos-chave.* Identificação no texto de todos os conceitos relacionados que se tornarão blocos e telas, pois a base da hipermídia é a estrutura conceitual. Um método possível é o de associação livre de palavras, pelo qual o autor lista os conceitos-chave de um determinado setor do conhecimento e, para cada conceito listado, associa livremente todos os conceitos relacionados dentro do assunto tratado no sistema

hipermídia, identificando os que sejam necessários para que o usuário compreenda o assunto. É possível a consulta a glossários, índices ou especialistas no assunto para apoiar esta tarefa. Pode ser que seja necessário eliminar redundâncias e termos irrelevantes da lista final. Como resultado deve-se obter a lista de conceitos que constituirão os nós do sistema hipermídia.

- *Mapeamento da estrutura do conteúdo.* Determinação das inter-relações existentes entre os conceitos do sistema hipermídia. Podem ser usadas técnicas de mapeamento cognitivo para mapear a estrutura de conteúdo do sistema, ajudando na identificação de inter-relações entre conceitos e conseqüentemente no estabelecimento de *links* entre os nós.

- *Verificação da estrutura.* Reavaliação do mapeamento dos conceitos, a partir de comparações com um mapeamento da estrutura do conteúdo feito por um especialista no assunto, com a mesma técnica usada pelo autor.

- *Determinação do tipo de estrutura do sistema hipermídia.* Decisão quanto ao tipo de estrutura a ser impressa no sistema hipermídia, com a escolha dos tipos de telas a serem usadas para cada conceito e a determinação das relações entre os blocos de telas e com outros hipertextos, segundo uma hierarquia ou não, refletindo o máximo possível o mapa do conteúdo estabelecido anteriormente.

- *Preparação dos blocos conceituais.* Redação do texto de cada uma das telas dos blocos conceituais e verificação de seu conteúdo.

- *Estabelecimento de conexões com outros conceitos.* Determinação do método pelo qual as telas dentro dos blocos conceituais e os blocos conceituais dentro do sistema hipermídia serão conectados. Isto pode envolver o uso de um índice de termos para busca, marcadores no texto para a mudança de tela ou rolagem do texto, menus com opções, ou áreas ativas do texto que podem ser escolhidas pelo usuário.

- *Revisão do sistema.* Revisão de cada uma das telas e conexões do sistema com o mesmo em funcionamento, verificando se há falhas e corrigindo-as quando identificadas.

Agosti (1993) relaciona os seguintes aspectos a serem considerados no planejamento e construção de sistemas hipermídia eficientes para a recuperação da informação:

- *Navegação versus busca direta: a necessidade de novos modelos de recuperação.* Nos sistemas hipermídia a busca é feita em geral mediante a navegação pelo banco de dados, e não diretamente por meio de uma linguagem de busca, como nos sistemas tradicionais. Embora a navegação tenha a vantagem de permitir a construção de uma trilha de informação,



percorrendo-se os segmentos de informação do banco de dados, ela pode exigir muito tempo de busca e ter uma organização insatisfatória em banco de dados com muitos documentos.

- *A possibilidade de modificar a condição de um sistema hipermídia de passivo para ativo.* Isto pode ser conseguido, por exemplo, atribuindo-se níveis de importância ao *link*, possibilitando que o usuário seja aconselhado a seguir um caminho em detrimento de outro, dependendo da trilha seguida anteriormente. Para isto, podem ser estabelecidos *links* de tipos diferentes ou usados pesos diferentes em *links* na construção do hipermídia.

- *A construção automática de uma base de informação.* A existência de ferramentas para a construção e atualização automática de sistemas hipermídia a partir de uma coleção inicial de documentos possibilitaria a geração automática de *links* e a segmentação dos documentos. Em geral o desenvolvimento e manutenção dos hipermídias é feito manualmente, o que pode ser inviável quando a coleção inicial de documentos é muito grande.

- *A possibilidade de usar técnicas diferentes para a representação da informação que está sendo administrada de modo simultâneo.* Um sistema pode possibilitar, por exemplo, a escolha entre duas formas de indexação, fornecendo diferentes opções para a *interface* semântica, conforme o nível de conhecimento do usuário no domínio específico do banco de dados.

- *Modelagem do usuário e interfaces.* Desenvolvimento de técnicas de modelagem do usuário para a construção de *interfaces* efetivas para o sistema hipermídia.

- *Recursos para permitir múltiplos níveis de abstração para a representação do objeto.* Existência de recursos para a criação de nós e *links* que formariam estruturas permitindo diferentes níveis de profundidade para a busca.

- *A disponibilidade de técnicas para a avaliação de sistemas de recuperação de informação hipertextuais.* Necessidade de se desenvolver novos procedimentos e ferramentas para estabelecer a relação entre os métodos de avaliação de recuperação de informação atuais e os anteriores, possibilitando a avaliação efetiva das novas capacidades dos sistemas hipermídia.

Langford (1993) aborda três pontos importantes no desenvolvimento de um hiperdocumento:

- *Identificação dos propósitos do hiperdocumento.* Considerar se existem métodos alternativos para a apresentação do material; se a implementação está adequada às políticas existentes; se já existem linhas gerais a serem observadas; se existem facilidades técnicas e de



pessoal para a implementação; e se o documento é viável dentro de parâmetros definidos, incluindo questões de custo.

- *Identificação dos usuários do hiperdocumento.* Identificar o perfil dos usuários em potencial do hiperdocumento, o que requer alguma pesquisa para se conhecer suas opiniões, interesses, necessidades e exigências.

- *Identificação dos parâmetros que afetam o planejamento e implementação do hiperdocumento.* Considerar questões de planejamento tais como a quantidade de informação a ser incluída; o número de *links* a serem introduzidos; a possibilidade de se adicionar mais informação posteriormente; o número de usuários simultâneos; a duração média de cada acesso ao hiperdocumento; se os usuários possuem nível semelhante de conhecimento. Considerar questões de implementação tais como recursos financeiros e de pessoal; o tempo disponível para o planejamento, desenvolvimento e testagem; os equipamentos (*software* e *hardware*) existentes. Deve-se prever também custos e exigências para a manutenção do hiperdocumento durante sua elaboração, que podem superar aqueles requeridos para seu desenvolvimento.

Como considera Marariu (1988), o desenvolvimento de um sistema hipermídia para a educação envolve a identificação e especificação de diversos componentes, dentre os quais podem ser destacados:

- *Características do estudante.* Informações básicas sobre o estudante, incluindo seu conhecimento prévio, estilos de aprendizagem e motivação.

- *Metas e objetivos.* Detalhamento pleno do contexto e dos resultados mensuráveis para todo o ambiente instrucional.

- *Modelo Pedagógico.* O método utilizado para transmitir e ensinar o conteúdo (por exemplo, com um tutorial, exercício e prática, aprendizagem por descoberta).

- *Navegação.* O projeto de *interface* com o usuário que define a maneira de se movimentar pelo sistema (por exemplo, considerando a existência de excursões predeterminadas, o modo como o usuário poderá reconhecer onde se encontra, a possibilidade de voltar facilmente à tela anterior, a utilização de ícones ou digitação de palavras-chaves para a navegação e seleção da informação).

- *Estrutura.* A organização global da informação (por exemplo, hierárquica com tópicos e subtópicos, associativa com *links* por palavras ou ícones).



- *Formato.* As modalidades de mídia para apresentar o conteúdo (por exemplo, textos, gráficos, animações, áudio, imagens estáticas, vídeos).
- *Conteúdo.* As informações e tópicos a serem efetivamente transmitidos e explorados pelo estudante.

Peterson & Orde (1995) estabeleceram as seguintes recomendações para o desenvolvimento de atividades com a hipermídia educacional, a partir de um projeto de ensino realizado no ensino médio:

- É recomendável que um processo formal de planejamento instrucional seja seguido, considerando-se o conhecimento prévio dos estudantes, sua maturidade e outras características dos mesmos, buscando adaptar-se às suas preferências de aprendizagem.
- Avaliação formativa é essencial, testando-se os materiais e métodos com especialistas no assunto, indivíduos e pequenos grupos antes de um estudo piloto ser feito. O *software* a ser utilizado deve ser escolhido ou desenvolvido considerando-se as capacidades e características do usuário em potencial. O *software* deve ser testado quanto ao apelo motivacional e eficiência.
- Durante o estágio de avaliação formativa, questões ambientais tais como mobília, iluminação e ambientação, devem ser consideradas em conjunto com materiais e métodos instrucionais. As estações de trabalho devem ser confortáveis e ergonômicas, e necessitam ser testadas por constituírem um grande investimento. As luzes devem ser adequadas, sem ocasionar ofuscamento. Uma atmosfera agradável tende a gerar atitudes positivas e trabalho produtivo.
- O tempo em tarefa e o tempo em exploração devem ser considerados. Os estudantes podem se beneficiar de uma programação flexível que disponibiliza tempo para a exploração em profundidade e maiores níveis de realização.
- A sequência estabelecida no currículo, que leva em consideração metas de longo e curto prazo, facilita o planejamento diário das lições, possibilitando organizar atividades relevantes. A eficiência dos materiais e métodos utilizados no ensino depende de um currículo compreensível, seguido de eventos de aprendizagem distribuídos de modo apropriado.
- Quando o ensino for feito em equipe, o gerenciamento bem sucedido da sala de aula e dos estudantes é primeiramente uma questão de comunicação adequada. Todos devem estar informados sobre mudanças na programação e planejamento de ensino, e saber o que está ou



não funcionando. A comunicação rotineira possibilita que todos contribuam para resolver os problemas de todos os tipos, tais como o gerenciamento da turma, o *hardware* e o *software*.

- O *hardware* deve ser selecionado com base em sua habilidade para implementar o currículo e sua aplicabilidade no ambiente escolar.

No desenvolvimento e aplicação de um *software* educacional é de grande relevância a definição do modelo pedagógico adotado para a planejaento das características que o *software* apresentará e o modo como o mesmo será utilizado em sala de aula.

Lacy & Wood (1993) consideram três abordagens diferentes que podem ser adotadas na elaboração de *softwares* educacionais:

1. Abordagem Comportamental (Behaviorista)

Nesta abordagem, o computador é utilizado como plataforma para a distribuição de instrução programada. O enfoque é semelhante ao ensino realizado em sala de aula, em que as lições apresentam objetivos bem definidos, o professor fornece explicações verbalmente, utiliza exemplos, proporciona oportunidade para a prática, e testa o conhecimento retido pelos estudantes.

É o que ocorre em um programa tutorial, em que o computador fornece ao estudante os objetivos da lição, apresenta exercícios para proporcionar a prática, e então testa o conhecimento adquirido pelo estudante.

Esta abordagem é a mais utilizada, e simplesmente reproduz eletronicamente o que é feito no papel, mediante livros e com as ferramentas tradicionais de ensino. Ao se utilizar o computador para a transmissão de blocos seqüenciais de informação, perde-se suas características de grande poder e flexibilidade para o ensino, que constituem vantagens específicas do mesmo.

2. Abordagem Construtivista

Esta abordagem considera a instrução apoiada pelo computador como a construção de grandes estruturas de informação que os estudantes podem explorar à vontade.



Neste enfoque assume-se que o conhecimento é construído a partir de representações internas dos indivíduos com base na utilização de suas experiências. O conhecimento baseia-se em construções individuais que não estão amarradas a nenhuma realidade externa, mas sim às interações de quem conhece com o mundo externo.

Deste modo, a aprendizagem ocorre simplesmente com os estudantes navegando e explorando fontes de referência e enciclopédicas, examinando a informação à medida que se interessam. A hipermídia possibilita constituir bases de conhecimento organizadas de modo não-linear adequadas ao ensino construtivista, utilizando-se das características específicas do computador para a exploração de grandes quantidades de informação.

3. Base de Conhecimentos Hipermídia com Molduras Expandidas

Esta abordagem considera que o uso instrucional ideal do computador envolve o aproveitamento de suas capacidades únicas como instrumento educacional, mas com a existência de uma estrutura planejada para apoiar o processo de ensino e aprendizagem.

O modelo chamado Base de Conhecimentos Hipermídia com Molduras Expandidas representa uma visão para o desenvolvimento de bases de conhecimento hipermídia multisetorizadas que contêm um conteúdo extenso, na forma de segmentos de informação multimídia, mas com a existência de uma estrutura interna que proporciona orientação ao estudante.

Molduras são fronteiras criadas artificialmente por um especialista em conteúdo para delinear os níveis de complexidade do conteúdo dentro de uma base de conhecimentos hipermídia. O estudante inicia o aprendizado explorando o domínio de uma moldura adequada ao seu nível de conhecimento, avançando gradualmente para domínios de maior complexidade, recebendo orientação sobre os objetivos de aprendizagem no início de cada domínio e podendo testar seus conhecimentos ao final de cada um deles.

O domínio de uma moldura é constituído por uma série de outras molduras com conteúdo na forma de segmentos de textos, vídeo, áudio, dentre outros, possibilitando oferecer explicações, exemplos, demonstrações, simulações e outros materiais de apoio.

Uma característica importante do sistema é a existência de ligações entre segmentos de informações dentro de uma mesma moldura e entre molduras diferentes, sempre que houver correlações entre os assuntos abordados, possibilitando o retorno à moldura de origem. As ligações podem ser estruturadas de tal forma que forneçam informação sobre o nível de complexidade da moldura de destino.

No desenvolvimento de *softwares* educacionais sob o enfoque construtivista, Bailey (1996) considera seis princípios gerais a serem observados:

1. Estabeleça o estágio mas deixe os estudantes gerarem o conhecimento por si mesmos o máximo possível.
2. Apoie o conhecimento em situações e atividades autênticas.
3. Utilize os métodos de aprendizagem cognitiva de modelagem, andaimes, extinção gradual e treinamento para transmitir como construir conhecimento em situações e atividades autênticas.
4. Situe o conhecimento em múltiplos contextos a fim de preparar a transferência apropriada a novos contextos.
5. Crie flexibilidade cognitiva assegurando que todo o conhecimento é visto de múltiplas perspectivas.
6. Possibilite que os estudantes colaborem na construção do conhecimento.

Como considera Lindstrom (1996), uma etapa importante no desenvolvimento de um sistema hipermídia é a elaboração do projeto de telas ou mapa de estrutura interativo, no qual são esquematizados no papel os conteúdos e a estrutura de cada uma das telas ou documentos que comporão o sistema, incluindo textos, gráficos, imagens, sons, animações, botões de acionamento, as possibilidades de interatividade com o usuário, e também as ligações que serão estabelecidas entre cada um deles, caracterizando a estrutura hipertextual do sistema hipermídia.

No projeto de telas está incluído o projeto gráfico, que consiste na seleção e distribuição adequada dos diversos elementos gráficos na tela, tais como *lay-out*, fundos, cores e texturas, estudos sobre as animações e vídeos a serem utilizadas, e o projeto de som, para se estabelecer os efeitos sonoros, músicas ou narrações de modo integrado com as imagens. Isto

é feito objetivando obter o melhor efeito durante a exploração da informação pelo usuário, pois cada modalidade de mídia apresenta características bem peculiares, constituindo diferentes linguagens que desencadeiam efeitos distintos sobre o receptor de uma mensagem.

O processo de elaboração de um hiperdocumento é denominado autoria, pois frequentemente envolve mais do que escrita, exigindo a composição de textos, imagens, vídeos, animações e sons para a elaboração dos nós e o estabelecimento de conexões entre os mesmos. Neste processo, Hernandez (Apud Campos, 1994:13), que utiliza o termo hipertexto como sinônimo de hipermídia, considera os seguintes princípios a serem observados:

- "um maior número de ligações no documento acarreta uma rica conectividade do hipertexto".
- "nós óbvios devem ser evitados, de forma que cada nó sirva a um propósito claro".
- "no projeto da tela é muito importante o *layout* visual".
- "as telas não devem exigir muitas informações anteriores".
- "devem ser considerados o espaçamento das linhas e a quantidade de informações a serem incluídas em uma tela".

Para apoiar a tarefa de autoria, existem os chamados *softwares de autoria*, que reúnem um conjunto de ferramentas para auxiliar o autor em seus objetivos, tornando mais prático e rápido o desenvolvimento das etapas necessárias no processo. Atualmente existem *softwares* de autoria que dispensam até mesmo conhecimentos de linguagem de programação, embora demandem ainda algum tempo para seu aprendizado.

As últimas versões destes programas incluem facilidades para publicação na *Internet*, podendo ser utilizados para o desenvolvimento de aplicativos para CD-ROM, apresentações, demonstrações ou tutoriais, simulações, produtos para entretenimento e títulos para educação. Tais programas possibilitam desenvolver aplicações com alto grau de interatividade, em que há uma troca de informações contínua entre o computador e o usuário.

Os *softwares* de autoria possibilitam em geral a "importação" dos vários elementos de mídia que compõem um nó do hipermídia, desenvolvidos a partir de programas externos denominados *softwares de apoio à autoria*, que englobam editores de texto, de imagens, de som, de vídeo e de animação. Além disto, alguns *softwares* de autoria contêm recursos



embutidos no próprio programa para a composição das telas de um hiperdocumento, possibilitando a redação de textos, a elaboração de desenhos simples e a seleção de cores.

Uma outra possibilidade é buscar os elementos de mídia já desenvolvidos em bancos de dados em CD-ROM ou na própria *Internet*, desde que sejam observadas as questões referentes a direitos autorais. Alguns destes bancos de dados permitem a utilização do material disponível para fins não comerciais, desde que citada a fonte. É o caso do *site* da Nasa na *Internet*, por exemplo, que disponibiliza um grande acervo de imagens, vídeos, animações e sons sobre as pesquisas e atividades por ela desenvolvidos.

Segundo Corredor (Apud Clunie & Souza, 1995) um sistema de autoria deve ter características básicas que possibilitem:

- a entrada e modificação de textos, gráficos, sons e quaisquer outros elementos aceitos pelo sistema para a apresentação da informação.
- o controle da seqüência de execução pelo usuário (autor ou leitor).
- o processamento de intervenções do leitor com facilidade.
- a definição de diferentes estratégias para desenvolvimento.

Dentre os *softwares* de autoria existentes atualmente encontram-se o *Authorware*, o *Director*, o *Toolbook II Instructor*, o *Click & Create* e o *Oracle Media Objects*. A partir da exposição de Mourão (1997), que baseou-se nas análises realizadas pelo *IDG Test Center*, são expostas a seguir as principais características de cada um dos *softwares* citados:

Authorware. Desenvolvido pela Macromedia, apresenta ícones que podem ser arrastados com o *mouse* e posicionados em um fluxograma eletrônico para a representação da estrutura do hiperdocumento e a indicação da ordem das ações. Cada um dos ícones do fluxograma apresenta uma função específica, possibilitando a inserção de conteúdos, a elaboração de animações, o estabelecimento de *links* entre os nós e a incorporação de ferramentas de navegação. O ambiente do *software* predispõe ao trabalho de maneira intuitiva, arrastando e soltando elementos, embora possibilite também programação em linguagem de *scripts*. Os projetos criados podem ser difundidos pela *Internet* e *intranets* com a geração de uma versão compactada da aplicação.



Director. Desenvolvido pelo Macromedia, trabalha com a metáfora de cinema ou teatro, segundo a qual as aplicações construídas são comparadas a um palco em que o usuário pode colocar qualquer um dos personagens (elementos multimídia) em qualquer instante. Os eventos podem ser sincronizados na janela *Score*. A programação é feita com a linguagem de *scripts* Lingo. Podem ser criados aplicativos para a *Internet*. É possível desenvolver projetos híbridos, em que um CD contendo dados de referência para pesquisadores, por exemplo, poderá estar sempre atualizado mediante o acesso a conteúdos disponibilizados pela *Internet* ou *intranet*.

Toolbook II Instructor. Desenvolvido pela Asymetrix, é um ambiente para o desenvolvimento de cursos, podendo disponibilizar as aplicações para a *Internet*, redes locais ou CD-ROM. Utiliza uma metáfora de livro, estruturado em capítulos com diferentes números de páginas e diferentes estruturas para cada página. Existem assistentes, modelos, arquivos de multimídia e estruturas de tela em *Openscript/Java* para ajudar o usuário no desenvolvimento das aplicações. O programa oferece uma variedade de tipos de perguntas e respostas para a elaboração de questionários, tais como múltipla escolha, completar as lacunas, verdadeiro ou falso e associação de colunas.

Oracle Media Objects. Desenvolvido pela Oracle, possibilita desenvolver projetos multimídia tanto para CD-ROM quanto para ambientes cliente-servidor. Apresenta ferramentas de desenho, um conjunto de objetos multimídia e o *Media Talk*, um ambiente de desenvolvimento de *scripts*. Proporciona que a conexão com bancos de dados sejam feitas com facilidade, com o carregamento dos dados ocorrendo dinamicamente nas aplicações. Utiliza uma metáfora de pilhas de cartões, em que cada cartão é uma tela que pode conter diferentes objetos e imagens e o projeto completo é uma coleção de pilhas de cartões correspondentes às telas. Mesmo operações simples como inserir um botão para acionar a exibição de um vídeo ou a reprodução de uma música exigem o uso de programação.

Click & Create. Desenvolvido pela Corel, apresenta uma *interface* em que tudo é feito graficamente, arrastando-se e soltando-se objetos com o *mouse*. Possibilita a elaboração de jogos e aplicações hipermídia de média complexidade, sem exigir conhecimento de programação e demandando um tempo de aprendizagem menor que o *Toolbook* e o *Director*. Possui editor de animações e morfismos (que permite que uma imagem transforme-se em outra segundo um fator incremental), mas exige a execução de programas de apoio para realizar



operações simples como corte ou duplicação de imagens. Entretanto, a ausência de uma linguagem de *scripts* limita o usuário às opções existentes no menu para escolher suas ações. Permite que o trabalho finalizado possa ser gravado como um aplicativo, incluindo um instalador para criar aplicativos em CD-ROM.

Embora aplicativos interativos possam ser bastante complexos para desenvolver, o ambiente instrucional resultante deve ser fácil para o estudante compreender e utilizar. O estudante deve poder determinar facilmente qual a informação contida no sistema hipermídia, de modo que sua ênfase seja no conteúdo e não na operação do programa.

O desenvolvimento de *softwares* educacionais requer em geral a atuação de uma equipe com diversos profissionais, envolvendo um especialista no conteúdo e métodos instrucionais (professor), um especialista em projetos gráficos (artista gráfico) e um especialista em técnicas de programação (programador). Deste modo, pode-se ter maiores condições para que o produto desenvolvido apresente qualidade instrucional, uma *interface* agradável, e funcione corretamente, atingindo seus objetivos junto aos estudantes.

Entretanto, os novos programas de autoria em hipermídia possibilitam que o próprio professor execute todas as etapas necessárias à elaboração de um aplicativo educacional com razoável qualidade, mediante recursos que facilitam a composição das telas e o estabelecimento dos *links*, envolvendo a utilização de funções específicas (pode-se, por exemplo, escolher modalidades de trajetórias para o movimento de um determinado objeto na tela, ativar funções que possibilitam a busca por palavras-chave no hiperdocumento), o fornecimento de modelos (pode-se utilizar, por exemplo, botões, imagens, sons e vídeos já disponíveis no próprio sistema) e a inclusão de ferramentas para a confecção de imagens, sons e animações.

O desenvolvimento de aplicativos hipermídia pelo próprio professor é relevante por possibilitar que o material seja adaptado às necessidades e estilos de aprendizagens dos estudantes com os quais interage em determinado momento, sem estar dependendo de *softwares* que foram desenvolvidos considerando estudantes com realidades diferentes, nem sempre adequados em outro contexto.



2.8. Princípios Cognitivos no Desenvolvimento de Sistemas Hipermídia Educacionais

A partir de teorias de aprendizagem de caráter cognitivista, torna-se possível estabelecer princípios cognitivos que apoiam o desenvolvimento de sistemas hipermídia para a aprendizagem e a transferência de informação em geral.

Norman (Apud Jonassen, 1986) considera que para o desenvolvimento de bons sistemas tutoriais para o ensino, é necessário ser capaz de representar o assunto do conhecimento e modelar sua estrutura, de forma a proporcionar princípios e estratégias para a instrução. Com base no trabalho de Jonassen (1986), expomos a seguir alguns aspectos fundamentais relativos a cada uma destas questões.

1. Representação do Conhecimento

Um modelo muito aceito para a representação do conhecimento utiliza redes estruturais ativas, compostas por nós e inter-relações ordenadas e indexadas conectando-os. Os nós são exemplos de estruturas proposicionais ou exemplos evidenciadores de conceitos. As inter-relações ou ligações entre os nós descrevem a conexão proposicional entre os mesmos, ou seja, o tipo de ação que um exerce sobre o outro.

Estas redes estruturais podem ser utilizadas para representar o que um estudante já conhece. Estes conhecimentos já existentes proporcionam uma estrutura de trabalho para a construção de novos conhecimentos. As redes estruturais também possibilitam representar as inter-relações semânticas que descrevem a informação a ser aprendida.

Nesta concepção, a aprendizagem é uma questão de adquirir novas estruturas mediante a construção de novos nós e estabelecer sua inter-relações entre si e com os nós existentes. Quanto mais ligações puderem ser estabelecidas entre os novos nós e a rede já existente do estudante, melhor a informação será compreendida e mais fácil será para adquirir novos conhecimentos.

Grande parte das concepções do conhecimento estão baseadas em redes semânticas utilizadas por indivíduos para descrever conceitos e a inter-relações entre os mesmos, e para interpretar e explicar novos estímulos em seu meio-ambiente.



Estas representações em rede podem ser descritas também em termos da teoria dos esquemas. O esquema de um indivíduo para um objeto, evento, ou idéia consiste do conjunto de características distintivas da idéia e associações com a mesma. Cada esquema representa uma mini-estrutura na qual os elementos de informação sobre um tópico podem ser inter-relacionados em uma unidade conceitual. Os esquemas podem ser combinados entre si para formar estruturas maiores. Um esquema se refere a outro somente mediante a utilização de uma descrição que é dependente do contexto da referência original. Em situações ambíguas, os indivíduos tendem a usar os esquemas mais familiares a eles para explicar a descrição.

O esquema que um estudante acessa para interpretar nova informação é necessariamente algo idiossincrático, e a hipermídia é uma forma de comunicação que se adapta a estas idiossincrasias.

2. Modelagem da Estrutura do Conhecimento

A rede semântica de conceitos de um estudante é freqüentemente diagramada e representada espacialmente com o emprego de redes de informação, na qual múltiplos nós estão disponíveis para integrar novos conceitos. A deficiência relativa à aquisição de um determinado conceito pode ser superada com a integração de novos conceitos a partes melhor estabelecidas da rede. É possível representar a semelhança e dessemelhança semântica em termos do espaço geométrico.

Através dos princípios da aprendizagem em rede, assume-se que a informação aprendida é integrada ao conhecimento anterior por meio de uma estrutura em rede, e não de modo linear. O novo material é interligado na rede em nós (esquema) que são relacionados a ele. A rede cresce à medida que o estudante adquire mais informação detalhada.

3. Princípios da Aprendizagem em Rede

A partir dos princípios da aprendizagem em rede são derivados os princípios do ensino em rede. Estes princípios consideram que o material instrucional deve ser apresentado de modo a possibilitar que os estudantes tenham oportunidade de desenvolver alguma estrutura ou rede para relacionar os materiais entre si, para então estudar o material com profundidade.

O professor deve primeiro construir e apresentar a estrutura de apoio em rede, para depois adicionar os detalhes. Deve ser capaz de organizar o conhecimento a ensinar e também



descobrir a rede de representações dos estudantes, possibilitando a transmissão da organização do conhecimento e o monitoramento do desenvolvimento dos estudantes por intermédio de suas estruturas em desenvolvimento.

Deve-se começar o ensino com a apresentação de uma rede pouco detalhada de informação, delineando os tópicos a serem discutidos e fornecendo a seguir uma visão panorâmica geral, seguida de visões panorâmicas detalhadas e por fim subestruturas detalhadas.

A hipermídia exhibe métodos de ensino em rede manifestos. Um bom sistema hipermídia deve começar exibindo um mapa de todo o conteúdo, representando a rede de conceitos inter-relacionados contidos no hiperdocumento. Um conjunto introdutório de telas conduziria então à parte do sistema que contém os conceitos detalhados. A estrutura do sistema deve ser elaborada de forma a requerer que os usuários passem por visões panorâmicas detalhadas para atingir a subestrutura detalhada.

A aplicação dos princípios do ensino e aprendizagem em rede envolve a correspondência da estrutura de rede do assunto com a rede semântica do estudante. Isto requer que o tutor acesse o conhecimento do estudante e construa um modelo do conhecimento, compare o conhecimento do estudante com a estrutura de tópicos, notando lacunas ou inconsistências, e apresente os materiais necessários para preencher as lacunas, ou seja, apresente novos materiais com base nas estratégias de ensino em rede. Um sistema hipermídia educacional deve possuir uma rede semântica do conhecimento sobre um tópico e possibilitar que o estudante interaja com a mesma.

4. Processamento Produtivo

Os princípios de aprendizagem produtiva também fornecem fundamentos para a elaboração de sistemas hipermídia educacionais, sustentando que ao interagir com informação ou estímulos instrucionais (texto, ilustrações, linguagem), os estudantes ativam estruturas de conhecimento prévias para interpretar os estímulos. A nova informação só adquire sentido se os estudantes puderem encontrar conhecimento prévio para explicá-la. A compreensão de texto ou qualquer outro material envolve a transferência ativa do conhecimento existente, que funciona como o contexto para explicar a nova informação encontrada.



Gerar significado requer que os estímulos nominais sejam transformados em um conjunto elaborado de associações distintivas (estímulos funcionais), com seu relacionamento aos esquemas existentes. Estas novas associações tornam-se a base de conhecimentos que será acessada posteriormente para explicar informações encontradas adiante. Se não existirem esquemas disponíveis para interpretar a nova informação (isto é, nenhum esquema ao qual a nova informação possa ser significativamente relacionada), então a compreensão não ocorre. O acesso a esquemas relevantes requer conhecimento prévio organizado ou estruturado. A habilidade de recuperar conhecimento prévio da memória e relacioná-lo a estímulos atuais são os processos cognitivos mais importantes envolvidos na aprendizagem.

De acordo com o modelo de aprendizagem produtiva, a aprendizagem é um processo ativo de construir conhecimento. O significado de um texto é controlado pelo estudante (dirigido conceitualmente) e não pelo texto. A compreensão de um material depende do que os indivíduos já sabem, e a maneira como interpretam a informação depende do conhecimento que possuem, da maneira como o mesmo está organizado, e de como são capazes de acessá-lo e relacioná-lo à nova informação. Considerando-se um determinado texto, cada indivíduo gera interpretações um tanto diferentes para o mesmo.

Todos os indivíduos constroem significado a partir da informação de modo um tanto idiossincrático. A hipermídia possibilita que os estudantes individualizem o processo de aquisição do conhecimento, permitindo que estes interajam com a nova informação da maneira mais significativa para si, personalizando o processo de aquisição de informação. Parece não haver uma seqüência ideal para ensinar um determinado conteúdo, pois as estruturas cognitivas dos indivíduos para acomodar o conhecimento são bastante idiossincráticas. Daí a importância dos estudantes poderem exercer controle sobre o conteúdo e o processo de aprendizagem.

2.9. Avaliação de Sistemas Hipermídia

No processo de desenvolvimento de um sistema hipermídia, técnicas para sua avaliação são de grande importância, pois contribuem para que o mesmo seja projetado para um funcionamento mais adequado tendo em vista aos objetivos desejados e o atendimento às necessidades dos usuários.

Rocha (Apud Campos, 1994) considera que a avaliação de um *software* deve ser realizada em vários pontos ao longo do processo de seu desenvolvimento, possibilitando ajustes e correções quando necessário, até se atingir um produto final com as características desejadas.

Um outro aspecto importante na avaliação relaciona-se aos efeitos e às reações que o sistema hipermídia provoca no usuário. Um *software* de boa qualidade deve ser avaliado favoravelmente por seus usuários e contribuir para que os objetivos propostos por seus idealizadores (o aprendizado efetivo de um determinado assunto, por exemplo) sejam atingidos junto aos usuários.

Na avaliação efetiva de um hipermídia deve-se considerar sempre qual o uso pretendido para o mesmo, o que possibilita estabelecer os objetivos da avaliação, desenvolver os instrumentos de avaliação de modo adequado e montar uma estrutura apropriada para a realização dos testes.

A avaliação de um sistema hipermídia educacional significa considerar uma série de aspectos ligados à sua estrutura, funcionamento e efeitos sobre os estudantes e professores que o utilizarão, observando se atende aos objetivos educacionais propostos e contribui para a aprendizagem efetiva dos estudantes.

Sanchez (Apud Campos, 1994:55) ressalta que a avaliação do *software* educativo deve consistir de "validação interna e externa do programa em termos de: consistência, efetividade e pertinência educativa e em relação ao estímulo ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas, habilidades intelectuais e pensamento criativo".

Athayde (1990) considera que na avaliação de *softwares* educacionais devem ser observados os seguintes aspectos:

- A sua qualidade quanto aos aspectos intrínsecos, que incluem o conteúdo, a qualidade instrucional e a qualidade técnica do *software*.
- A sua contribuição para o aprendizado dos estudantes e a relação entre este aprendizado com a qualidade intrínseca.
- A influência de sua utilização sobre a opinião dos estudantes em relação ao curso e sobre o trabalho do professor.



A avaliação dos sistemas hipermídia educacionais envolve, além dos aspectos técnicos da hipermídia (tais como a facilidade para a navegação e a rapidez de acesso à informação, a qualidade gráfica da *interface*, dentre outras), questões relacionadas ao embasamento pedagógico adequado dos conteúdos e de sua apresentação (como por exemplo, a abordagem instrucional utilizada, a relevância educacional dos *links* estabelecidos, a adequação ao nível de conhecimento dos estudantes e ao currículo, o estímulo ao raciocínio e criatividade, dentre outros), e sua efetividade em motivar os estudantes, contribuindo para a aprendizagem dos conteúdos apresentados e seu relacionamento com problemas e situações reais do dia-a-dia.

Baker (Apud Campos, 1994:56) destaca as seguintes dimensões de interesses segundo as quais podem ser avaliados os programas educativos hipermídia: "aprendizagem efetiva, custo real, interatividade, estilos de interação, sincronismo, continuidade, coesão, qualidade da interface, facilidade de uso, avaliabilidade, facilidade de acesso, qualidade das experiências de aprendizagem envolvidas, nível de inteligência, efetividade da utilização da mídia, a natureza e nível de suporte do programa, a complexidade do ambiente necessário ao suporte do programa, entre outros".

Campos (1994) considera que a avaliação de um sistema hipermídia deve ser uma atividade permanente durante todo o ciclo de desenvolvimento do mesmo, envolvendo a participação de alunos, professores, psicólogos, projetistas e programadores. A opinião de professores e alunos, que serão os reais usuários do programa, é de grande relevância na avaliação do hipermídia educacional, pois o produto final deve atender às suas necessidades e interesses, e estar compatível com seu nível de habilidade e conhecimento.

Langford (1993) expõe duas maneiras para se avaliar um sistema hipermídia:

- *Testes automatizados.* Em alguns sistemas hipermídia é possível examinar sua composição estrutural a partir de um levantamento feito com o auxílio de um *software*, que identifica, por exemplo, o número e tipo de botões e possíveis erros de programação. Isto pode contribuir para o conhecimento sobre a estrutura do hiperdocumento e sua capacidade de realizar determinada tarefa.

- *Testes com sujeitos.* Teste realizado por pessoas, que podem incluir aquelas que participaram do planejamento e desenvolvimento do hiperdocumento, mas devem também envolver indivíduos com características semelhantes às dos usuários a que se destina o sistema.



Dentre os métodos existentes para a avaliação de um sistema hipermídia, Langford (1993) considera os seguintes:

1) *Observação direta*. Este método auxilia na obtenção de informações sobre o comportamento dos sujeitos durante a utilização do sistema. A observação deve ser discreta e não parecer óbvia aos sujeitos de teste, para que as respostas não sejam influenciadas. Pode envolver um observador discreto com um *notebook*, ou mesmo câmeras de vídeo, para uma posterior análise detalhada quadro-a-quadro.

2) *Monitoramento de fundo*. Isto é possível em sistemas nos quais são registrados pelo computador as interações realizadas pelo usuário com o *mouse* e o teclado, tais como pressionar um botão, abrir uma janela e o tempo gasto em cada nó. Deste modo, pode-se estudar posteriormente as ações dos sujeitos devagar e detalhadamente, o que pode ser relevante em comparações com os relatórios verbais ou escritos dos mesmos, que nem sempre refletem exatamente suas ações. Uma desvantagem deste método é a dificuldade em se extrair a essência da informação a partir de uma quantidade de dados gerados muito grande.

3) *Questionamento verbal*. Através de perguntas diretas aos sujeitos, verbalmente, pode-se obter respostas esclarecedoras, que podem encurtar o caminho entre suposições e a realidade e possibilitar também o reforço de informações obtidas por outros métodos. Entretanto, este método apresenta inconvenientes, pois os sujeitos podem responder não o que pensam, mas sim o que acham que o outro quer ouvir; não há tempo para se considerar a pergunta quando se exige uma resposta verbal imediata; pode haver mal-entendidos sobre a pergunta e a resposta; e é difícil formular a mesma questão exatamente da mesma forma, o que é importante quando se deseja comparar as respostas.

4) *Questionários formais*. Solicitar aos sujeitos que registrem no papel suas opiniões sobre um conjunto de itens relativo ao sistema, utilizando-se de um questionário formal especialmente elaborado e testado. Este método possibilita a reunião de informações específicas que podem ser analisadas e comparadas, incluindo a utilização de métodos matemáticos. A abordagem formal traz a vantagem de produzir um resultado final mais confiável e possibilitar a redução da influência sobre o sujeito com a composição e arranjo cuidadosos da distribuição das questões.



5) *Testes envolvendo um período anterior e posterior.* Método indicado quando se espera que o hipermídia contribua para o aumento de conhecimento ou habilidades do usuário, especialmente em atividades educacionais. Um modo de utilizá-lo é mensurar o nível de conhecimento ou habilidade dos usuários antes do uso do hipermídia e depois de seu uso. Comparando-se os dois resultados, é possível realizar inferências sobre a funcionalidade do sistema. Uma dificuldade neste método é que o próprio ato de medir o conhecimento pode alertar os sujeitos sobre pontos importantes e influenciar os resultados. O tempo destinado à exploração do sistema também pode exercer influência sobre os resultados.

Para uma avaliação mais correta de um *software* educacional, torna-se importante que durante o seu desenvolvimento o mesmo seja utilizado por alunos e professores que sejam representativos do grupo ao qual o programa se destina, possibilitando sua testagem. A realização de testes preliminares pode auxiliar em muito o planejamento do teste final.

Na realização do experimento previsto nesta pesquisa para a avaliação da hipermídia no ensino de Física, mediante o desenvolvimento e aplicação de um *software* hipermídia, as informações apresentadas neste capítulo foram utilizadas para embasar e orientar a execução de todas as etapas realizadas. Foram considerados os fundamentos da hipermídia enquanto tecnologia da informação, com suas características que a tornam uma ferramenta poderosa para o armazenamento e exploração do conhecimento, e com grandes potenciais para a área educacional. Também foram explorados os princípios básicos para orientar o desenvolvimento, aplicação e avaliação de sistemas hipermídia, em especial aqueles voltados para o processo de ensino e aprendizagem, de modo compatível com o construtivismo cognitivista, envolvendo a exploração ativa e a integração significativa de novos conceitos à estrutura cognitiva do estudante.

A hipermídia constitui também uma linguagem de comunicação e uma forma de se representar o conhecimento com características peculiares, que são reveladas com maior profundidade utilizando-se das ferramentas conceituais disponibilizadas pela semiótica. Estas serão aplicadas no próximo capítulo para uma análise da hipermídia e de algumas de suas implicações para a educação.



3. ABORDAGEM SEMIÓTICA DA HIPERMÍDIA

3.1. Introdução

A abordagem da hipermídia pela semiótica traz diversas contribuições para a compreensão de suas características, a partir dos diversos meios ou tipos de linguagem que a compõem e das possibilidades que oferece para a representação e elaboração do conhecimento.

Ao englobar meios diversos como texto, imagens estáticas ou em movimento e sons, a hipermídia possibilita a expressão da informação em diversas linguagens além da verbal, cada qual com suas características específicas que geram efeitos distintos nos receptores das mensagens por elas comunicadas.

A hipermídia também é uma forma de se representar o conhecimento que favorece a visão sobre um determinado tema a partir de múltiplas perspectivas, pelas diferentes associações que podem ser realizadas por meio dos *links* existentes entre os assuntos e das múltiplas linguagens utilizadas, apoiando o processo de elaboração do conhecimento.

A hipermídia surgiu em um contexto no qual texto, imagens e sons passaram a ser cada vez mais utilizados nos meios de comunicação, originando a linguagem do audiovisual, que da mesma maneira que a linguagem verbal, necessita de uma alfabetização para tornar-se compreensível.

No contexto educacional, a linguagem audiovisual utilizada nos sistemas hipermídia, juntamente com sua capacidade de promover associações entre diversas idéias relacionadas, apresentam contribuições significativas para o processo de ensino-aprendizagem, auxiliando na alfabetização nesta nova linguagem cada vez mais presente na sociedade e proporcionando um ambiente favorável para a exploração do conhecimento.

Após a introdução do conceito de *signo* proposto pela semiótica, que proporciona uma fundamentação adequada para as análises relativas à representação e transmissão do conhecimento, será utilizada a abordagem semiótica no estudo da linguagem audiovisual da multimídia e sua leitura, do hipertexto enquanto *interface* que favorece o trabalho com a



informação e das possibilidades educacionais do hipermídia enquanto meio para o pensamento e a comunicação.

3.2. Elementos Básicos da Semiótica Peirceana

A semiótica é definida por Nöth (1995:19), de uma forma ampla, como a “ciência dos signos e dos processos significativos (semiose) na natureza e na cultura”.

Estudando a etimologia da palavra semiótica, encontramos o termo grego *semeïon*, que significa “signo”, e *sêma*, que pode ser traduzido por “sinal” ou também “signo”. A forma latinizada de *semeïon* é *semio-*, que juntamente com os radicais parentes *sema(t)-* e *seman-*, serve de base para a formação de vários vocábulos relacionados às ciências semióticas, como semiologia, semântica, sematologia, semasiologia e semologia.

De acordo com Nöth (1995), a doutrina dos signos tem origem juntamente com o início da filosofia, pois Platão e Aristóteles eram teóricos do signo. Esta doutrina compreende todas as investigações sobre a natureza dos signos, da significação e da comunicação na história das ciências. A semiótica propriamente dita se inicia com Jonh Locke (1632-1704) que, em 1690, postulou uma doutrina dos signos com denominação *Semeiotiké*, no tratado *Essay on human understanding*.

Peirce (s.d.:45), considerado o mais importante dos fundadores da moderna semiótica geral, considerava semiótica como a doutrina dos signos e como sinônimo de lógica. Baseado nos trabalhos de Peirce, Silveira (1991:46) define semiótica como “uma ciência geral embora empírica que, sob forma prognóstica, procura estabelecer como devem ser os signos, ou como se constituirá o pensamento, para a inteligência capaz de aprender com base na experiência”. Considera que a semiótica procura “representar o objeto como objeto de volição e o meio para racionalmente alcançá-lo”. Entretanto, esta restringe-se “somente ao objeto enquanto representado para a conduta”.

O termo signo é utilizado por Peirce (1975) referindo-se a um objeto perceptível, ou algo material do mundo; a um objeto apenas imaginável como um pensamento; ou a um objeto até mesmo inimaginável num certo sentido, como por exemplo uma palavra que tenha diferentes significados, conforme seu emprego.

Como esclarece Nöth (1995:64), para Peirce as cognições, as idéias e até o homem são essencialmente entidades semióticas. Para ele, “o mundo inteiro está permeado de signos, se é que ele não se componha exclusivamente de signos”. Desta forma, a semiótica adquire um caráter universal, pois permite abordar qualquer assunto de interesse, já que os signos aparecem em todas as partes.

3.2.1. Primeiridade, Secundidade e Terceiridade

Na filosofia sempre houve a busca de um número limitado de categorias que pudesse conter a diversidade de fenômenos do mundo. Peirce denominou de *Ideoscopia* a descrição e classificação das idéias que estão na experiência ordinária, ou que naturalmente brotam em conexão com a vida comum, independentemente de serem válidas ou não e independentemente de sua feição psicológica. Após alguns anos de estudos, Peirce (1975) colocou todas as idéias em três classes ou categorias fenomenológicas: as de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade (traduzidas do inglês *Firstness*, *Secondness* e *Thirdness*).

Sua definição é feita por Peirce (1975:136) da seguinte forma:

Primeiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, positivamente e sem referência a qualquer outra coisa.

Secundidade é o modo de ser daquilo que é tal como é, com respeito a um segundo, mas independente de qualquer terceiro.

Terceiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, colocando em relação recíproca um segundo e um terceiro.

Primeiridade é a idéia daquilo que é independente de algo mais. Segundo Peirce (1980:25) primeiridade “é a categoria do sentimento imediato e presente das coisas, sem nenhuma relação com outros fenômenos do mundo”. Para Nöth (1995:65) é “a categoria do sentimento sem reflexão, da mera possibilidade, da liberdade, do imediato, da qualidade ainda não distinguida e da independência”. Também predomina nas idéias de novidade, vida, liberdade e na sensação. Qualidades como a cor magenta, o odor da rosa, o silvo da locomotiva, a qualidade de sentir o amor, dentre outros, são exemplos de qualidades de sensação. Um exemplo é a cor vermelha dos uniformes reais, como qualidade em si mesma, independentemente de ser percebida ou recordada.

Com relação à secundidade, Nöth (1995:66) expõe que esta “começa quando um fenômeno primeiro é relacionado a um segundo fenômeno qualquer”, consistindo na “categoria da comparação, da ação, do fato, da realidade e da experiência no tempo e no espaço”. Segundo Peirce (1980), a idéia de segundo predomina nas idéias do causar, pois causa e efeito são dois; também nas forças estáticas, visto que estas ocorrem sempre entre pares; e na idéia de que um esforço está associado a uma resistência. A realidade nos força a reconhecer um outro diferente do espírito, e nisto também temos secundidade. Nesta categoria temos um fato individual sem generalidade.

Quanto à terceiridade, Nöth (1995:66) a toma como “a categoria da mediação, do hábito, da memória, da continuidade, da síntese, da comunicação, da representação, da semiose e dos signos”. Segundo Peirce (1980), terceiro pode ser entendido como o vínculo ligando o primeiro absoluto e o último. A confluência de dois caminhos em uma estrada é exemplo de um terceiro. Terceiridade predomina em generalidade, infinidade, crescimento e inteligência. Também vamos encontrá-la nas leis, pois estas possuem um caráter geral.

Nöth (1995) observa que a base do signo é uma relação triádica entre três elementos, dos quais um deve ser o fenômeno da primeiridade, outro de secundidade e o último de terceiridade. Esta relação triádica é exposta por Peirce (1980:93):

um signo “representa” algo *para* a idéia que provoca ou modifica. Ou assim - é um veículo que comunica à mente algo do exterior. O “representado” é o seu objeto; o comunicado, a *significação*; a idéia que provoca, o seu *interpretante*. O objeto da representação é uma representação que a primeira representação interpreta.

3.2.2. Estrutura Triádica do Signo

Na determinação dos caracteres que devem ter os signos, Peirce (1980:94) recorre à observação, chegando a conclusões sobre o que seria verdadeiro a seu respeito. Estrutura assim os signos, segundo as três categorias fenomenológicas, em *representamen*, objeto e interpretante:

Um signo, ou *representamen*, é aquilo que, sob certo aspecto ou de algum modo, representa alguma coisa para alguém. Dirigi-se a alguém, isto é, cria, na mente dessa pessoa um signo equivalente ou talvez um signo melhor desenvolvido. Ao signo assim criado denomino *interpretante* do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu

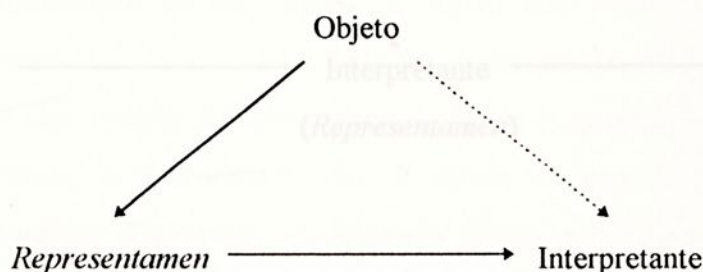


objeto. Coloca-se no lugar desse objeto, não sob todos os aspectos, mas com referência a um tipo de idéia que tenho, por vezes, denominado o *fundamento* do *representamen*.

Como observa Nöth (1995:67), o *representamen* é o primeiro que se relaciona a um segundo, denominado objeto, capaz de determinar um terceiro, chamado interpretante.

Silveira (1991:47) fornece uma definição de signo dizendo que “o signo (ou *representamen*) é algo que sob algum aspecto ou qualidade (seu fundamento), fica no lugar de um outro (seu objeto), determinando na mente um outro signo (seu interpretante)”. Observa que “este último signo interpreta as relações constitutivas do próprio signo” e “relacionar-se-á com o objeto com um fundamento no máximo tão forte quanto o do *representamen* que o determina, e dará origem a uma série de si infinita de outros interpretantes”. Desta forma, conclui que “esta série constituirá tendencialmente o significado do signo e, finalmente, assumirá o caráter de lei ou hábito de conduta face ao objeto”.

Um diagrama possível para a representação do signo é ilustrado a seguir:



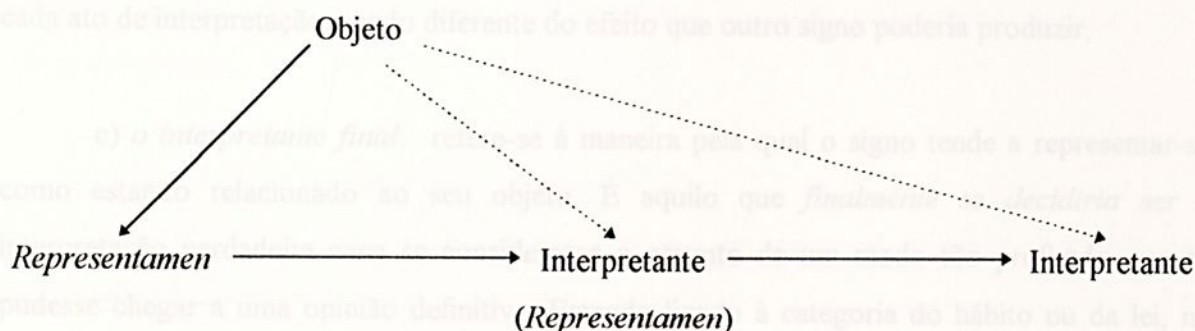
A linha tracejada ligando objeto e interpretante no diagrama indica que este último relaciona-se ao objeto de modo indireto, por intermédio do *representamen*.

A ação do signo, gerando um efeito cognitivo sobre o intérprete, é denominada semiose. Com isto, como expõe Nöth (1995), semiótica seria também o estudo da natureza essencial e variedades fundamentais de semiose possível. O signo não possui uma existência no mundo externo, pois depende de alguém que o perceba como tal e, desta forma, sua configuração varia conforme a maneira de observarmos ou enfocarmos um determinado fenômeno, ou seja, depende de como é interpretado. O signo não é uma classe de objetos, mas a função de um objeto no processo de semiose. Assim, algo que exerça num certo processo semiótico a função de *representamen*, pode também estar funcionando como interpretante da

relação de um outro *representamen* com relação ao mesmo objeto, tal como acontece numa cadeia interpretativa que tem um objeto em comum.

A semiose é um processo que resulta numa série de interpretantes sucessivos, que se repetem ao infinito, caracterizando uma semiose ilimitada, pois cada signo cria um interpretante que, por sua vez, é *representamen* de um novo signo. A cadeia é infinita porque um pensamento sempre dirige-se a um outro, procedendo na forma de um diálogo, mas na prática acaba sendo interrompida em algum ponto. Na semiose ilimitada, não se considera um primeiro ou um último signo.

Um outro diagrama fornece idéia da cadeia infinita de interpretantes que é originada no processo de semiose:



Ao considerar o objeto, Peirce (s.d.:177) observa que este apresenta dois aspectos:

a) *o objeto imediato*: "é o Objeto tal como o próprio Signo o representa, e cujo Ser depende assim de sua Representação no Signo". É o objeto enquanto conhecido no signo. Consiste em uma representação mental do objeto, quer exista ou não o objeto.

b) *o objeto dinâmico*: "é a realidade que, de alguma forma, realiza a atribuição do Signo à sua representação". Também é denominado objeto mediato ou real, e só pode ser indicado no processo da semiose, pois o signo não o pode exprimir, mas apenas indicar, sendo descoberto por intermédio de experiência colateral. É o objeto em relações tais como seria mostrado por um estudo definitivo e ilimitado.

O interpretante por sua vez, pode sofrer um desdobramento maior e, como considera Peirce (s.d.), Silveira (1991) e Nöth (1995), uma possível divisão compreende:

a) *o interpretante imediato*: é o interpretante tal como é revelado pela compreensão adequada do próprio signo, e que é normalmente chamado de *significado* do signo. O interpretante imediato também pode ser considerado do ponto de vista da primeiridade, como potencialidade ou formas de interpretação possibilitadas pelo signo das relações de *representamen* e objeto. Corresponde ao efeito que um signo pode produzir sendo, portanto, um interpretante do signo antes que chegue a um intérprete.

b) *o interpretante dinâmico*: é o efeito concreto que o signo, enquanto signo, realmente determina. Sob o aspecto da secundidade, este interpretante seria a efetiva interpretação. Corresponde ao efeito direto produzido sobre o intérprete, aquilo que é experimentado em cada ato de interpretação, sendo diferente do efeito que outro signo poderia produzir.

c) *o interpretante final*: refere-se à maneira pela qual o signo tende a representar-se como estando relacionado ao seu objeto. É aquilo que *finalmente se decidiria* ser a interpretação verdadeira caso se considerasse o assunto de um modo tão profundo que se pudesse chegar a uma opinião definitiva. Estando ligado à categoria do hábito ou da lei, na categoria terceiridade, o interpretante final é aquele ao qual tende a série futura das interpretações. Também denominado interpretante último, é o interpretante ao qual não se seguiriam outros, que assumiria o caráter de um hábito de relacionar-se ao objeto. Desta forma, o objeto extremo seria o próprio objeto dinâmico, que se tornaria acessível, estando excluída a série interpretativa infinita.

3.2.3. Tricotomias

Mediante uma classificação do *representamen*, objeto e interpretante, cada qual em três classes denominadas tricotomias, levando em consideração as combinações das categorias primeiridade, secundidade e terceiridade, Peirce estabeleceu dez classes principais de signos.

A primeira tricotomia considera os signos pelo aspecto do *representamen*, a segunda tricotomia a relação do *representamen* e o objeto, e a terceira tricotomia a relação entre o *representamen* e o interpretante.



Para os propósitos deste trabalho, será considerada somente a segunda tricotomia. Aplicando-se as três categorias fenomenológicas na relação do *representamen* para com o seu objeto, podemos ter nesta segunda divisão o signo como Ícone, Índice ou Símbolo.

a) Na categoria de primeiridade, temos o *Ícone*:

Para Peirce (1975:101) “um Ícone é um signo que se refere ao Objeto que denota simplesmente por força de caracteres próprios e que ele possuiria, da mesma forma, existisse ou não existisse efetivamente um objeto daquele tipo. Segundo Peirce (1975), qualquer “coisa, seja uma qualidade, um existente individual ou uma lei, será um Ícone de algo, na medida em que é semelhante a esse algo e usado como signo dele.” Portanto, como considera Nöth (1995) o ícone representa o objeto principalmente por similaridade, ou seja pela semelhança entre o *representamen* e o objeto. Como exemplos de ícones, podemos citar retratos, pinturas, fotografias, metáforas, diagramas, gráficos lógicos e fórmulas algébricas. Signos como fórmulas algébricas ou diagramas, têm caráter icônico devido a correspondências de relações que se constituem.

b) Na categoria de secundidade, temos o *Índice*:

Na definição de Peirce (s.d.:52), um “Índice é um signo que se refere ao Objeto que denota em virtude de ser realmente afetado por este Objeto”. Como considera Peirce (s.d.:74), o índice “é um signo que de repente perderia seu caráter que o torna signo se seu objeto fosse removido, mas que não perderia esse caráter se não houvesse interpretante”. É um signo de reação, envolve uma relação efetiva com o objeto. Segundo Nöth (1995:84), o “índice participa da categoria de secundidade porque é um signo que estabelece relações diádicas entre *representamen* e objeto”, e tais “relações têm, principalmente, o caráter de causalidade, espacialidade e temporalidade”.

Peirce (s.d.) caracteriza os índices considerando que estes podem distinguir-se de outros signos ou representações por não terem semelhança significativa com seus objetos; por referirem-se a individuais, unidades singulares, coleções singulares de unidades ou a contínuos singulares; e por dirigirem a atenção para seus objetos mediante uma compulsão cega. Como exemplos de índice podem ser citados o cata-vento, um dedo indicador apontando numa direção, um molde com um buraco de bala e a fumaça que indica o fogo.

c) Na categoria de terceiridade, temos o Símbolo:

Na conceituação de Peirce (s.d.:52) um “*Símbolo* é um signo que se refere ao Objeto que denota em virtude de uma lei, normalmente uma associação de idéias gerais que opera no sentido de fazer com que o Símbolo seja interpretado como se referindo àquele Objeto”. Segundo Nöth (1995:85) a “relação entre *representamen* e objeto é arbitrária e depende de convenções sociais”. Para Peirce (s.d.) um *símbolo* é um signo que perderia seu caráter que o torna um signo se não houvesse um interpretante. Isto porque tem significado estabelecido de forma convencional, de forma a possibilitar uma interpretação. São exemplos de símbolos: uma palavra genérica, uma sentença, um livro, uma insígnia e um bilhete.

Peirce (s.d.:73) observa a seguinte progressão na análise dos Ícones, Índices e Símbolos, que nos permite melhor compreensão dos mesmos em sua conexão com o objeto:

O Ícone não tem conexão dinâmica alguma com o objeto que representa; simplesmente acontece que suas qualidades se assemelham às do objeto e excitam sensações análogas na mente para a qual é uma semelhança. O índice está fisicamente conectado com seu objeto; formam, ambos, um par orgânico, porém a mente interpretante nada tem a ver com essa conexão, exceto o fato de registrá-la, depois de ser estabelecida. O Símbolo está conectado a seu objeto por força da idéia da mente-que-usa-o-símbolo, sem a qual essa conexão não existiria.

3.3. Linguagens de Comunicação

Ao se considerar as formas de representação do conhecimento e os meios de comunicação utilizados pelo ser humano ao longo da história, a partir de classes de signos mais utilizadas, verificou-se a transformação de uma condição em que predominavam as manifestações orais, sem o registro escrito, para outra, verificada atualmente, em que predomina a utilização das imagens em conjunto com os sons.

Esta transição ocorreu em conjunto com o desenvolvimento de novas tecnologias da informação, que têm introduzido uma série de mudanças na sociedade e no modo de vida das pessoas, possibilitando que as informações que antes dependiam da memória humana hoje possam ter um registro mais permanente, e que a comunicação se processe mesmo existindo grandes distâncias físicas entre os indivíduos. Como expõe Niskier (1992:25):



de uma civilização verbal, passou-se para outra, visual e auditiva. A imprensa, o jornal, o anúncio publicitário, a fotografia, o cinema, o rádio, a televisão e o computador vêm modificando o próprio homem e o próprio meio cultural. Essa apropriação dos meios de comunicação permitiu ao homem dominar o espaço e o tempo.

Atualmente a imagem encontra-se hoje muito mais presente, assim como o som, e a utilização mais intensa destes meios para veiculação de informação pode ser considerada uma característica singular e importante do mundo atual.

Com a assimilação da imagem e dos sons com a linguagem oral e escrita, temos novas linguagens que são utilizadas na sociedade atual, caracterizando a linguagem audiovisual, como temos nos meios de comunicação de massa, por exemplo.

A hipermídia, ao conjugar hipertexto e multimídia, faz amplo uso da linguagem audiovisual, envolvendo textos, tabelas, diagramas, gráficos, imagens, desenhos, fotografias, desenhos animados, filmes, sons e músicas para a apresentação e recuperação de informações. Estes elementos estão presentes nas linguagens kinésica, oral, escrita, icônica e sonora que compõem a linguagem audiovisual, oferecendo amplas possibilidades para o trabalho com informações, para comunicação e para as atividades educacionais.

Segundo Gutierrez (1978:48), cada uma destas linguagens permite a comunicação com signos de características específicas em cada caso, cada uma delas com suas próprias possibilidades e limitações:

As palavras, pela nitidez de sua definição e do seu conteúdo, estão aptas a expressar o pensamento científico ou filosófico. As imagens têm um poder de representação com uma grande força sugestiva e emocional. A música é a linguagem do coração.

A linguagem *kinésica* é aquela que envolve movimentos corporais não vocais na comunicação, sendo portanto, uma linguagem não-verbal. Temos como exemplos desta linguagem o intercâmbio pelo tato, num contato próximo em que uma pessoa consola a outra e os efeitos provocados sobre um indivíduo conforme variam as posturas corporais assumidas por seu interlocutor. Segundo Gutierrez, as possibilidades desta linguagem têm relação com o fato de muitos signos cinéticos terem uma codificação icônica natural, com repercussões diretas sobre a psicologia do homem, como no caso citado do tato, possibilitando em certos



casos uma comunicação mais completa e eficiente que por palavras. Mas também há o envolvimento de símbolos, com aspectos que são culturalmente específicos, variando conforme as regras e decodificações socialmente aprendidas, e também manifestações expressivas universais e comuns a todas as culturas.

A linguagem oral é aquela que envolve a fala, considerada como sistema de símbolos sonoros totalmente convencionais. Cada agrupamento humano possui símbolos próprios, que são transmitidos de uma geração a outra, gerando os diferentes idiomas. Os grupos humanos que não chegaram à alfabetização, tendo somente a linguagem falada como forma de expressão verbal, são denominados de pré-alfabéticos, permanecendo na oralidade primária. Hoje temos a possibilidade de uma comunicação oral com a utilização das tecnologias, como no telefone, rádio e televisão, havendo casos em que há outras linguagens associadas. Esta linguagem é um meio de comunicação fundamental, e também é bastante importante no processo educacional, ao permitir a interação entre professores e alunos, num contato frente a frente.

A linguagem escrita se processa por meio de símbolos que permitem realizar a representação da fala, dando uma realidade física mais concreta e visível aos *representamens* dos signos falados. Estes *representamens* passam então a se apresentar com características físicas relacionadas ao domínio da visão. Um aspecto do signo escrito é este possuir presença e permanência, permitindo uma certa independência dos objetos sensíveis, pois não sofre as deformações provocadas pelas elaborações próprias da transmissão de informações pela linguagem falada, que depende da memória.

Entretanto, a escrita como temos hoje estabeleceu uma separação, entre uma realidade física e o mundo dos conceitos, enquanto na linguagem falada e mesmo na escrita pictográfica e ideográfica, havia uma interdependência maior do homem com os seres e as coisas. No campo da educação, esta separação se manifesta na ênfase de se educar a criança para o mundo da mente, da inteligência, negligenciando o contato com a realidade vital, trazendo pouco desenvolvimento para os processos de comunicação afetiva. Ou seja, dá-se maior destaque a um tipo de inteligência, esquecendo-se de trabalhar uma série de outras inteligências que já são reconhecidas pela psicologia atual e fazem parte da natureza humana. Como observa Gutierrez (1978:48), “a criança não é pura inteligência, é um ser encarnado que vive num determinado contexto social”.



Com o desenvolvimento da imprensa e a mecanização da escrita, com signos estereotipados, há um aumento na valorização da instrução ou eruditismo, com ênfase aos valores racionais. Deixa-se de valorizar a intuição, os sentidos, os sentimentos, as emoções e a própria atividade do homem, que são vias naturais e valiosas para o conhecimento, permitindo aquisição de informações onde a inteligência não é meio mais adequado. O interesse pelos signos ficou restrito à representação mental dos objetos.

Mas a escrita certamente tem contribuído grandemente para o desenvolvimento do saber humano, sendo uma tecnologia privilegiada da inteligência. Com base em pesquisas antropológicas e psicológicas, Lévy (1996) observa que indivíduos que não passaram pelo processo de emprego da escrita praticam uma outra forma de pensar, centrada sobre situações e modelos concretos, ajustadas às suas condições de vida e de aprendizagem, e que o pensamento lógico corresponde a um estrato cultural recente ligado ao alfabeto e ao tipo de aprendizagem (escolar) que corresponde a ele. Considera que, com o desenvolvimento da escrita, o conhecimento independente de uma pessoa que o comunique deixa de ser apenas aquilo que me é útil no dia-a-dia, o que me nutre e me constitui enquanto ser humano membro desta comunidade, e torna-se um objeto suscetível de análise e exame. Com isto, a escrita estaria condicionando ou contribuindo para racionalidade e o próprio surgimento da filosofia e das ciências, embora isto não possa ser deduzido simplesmente do aparecimento da escrita, pois o problema é mais complexo.

A linguagem icônica ou comunicação visual é aquela que se constitui com o emprego das imagens, tais como pinturas, fotografias, desenhos animados, filmes, dentre outros. Segundo Gutierrez (1978), um aspecto da imagem, é sua característica de ícone, que faz com que esta se apresente como uma encarnação do objeto, resultando deste poder de representação o encanto e arrebatamento da imagem. Este objeto representado de forma visual e de uma maneira concreta, peculiar e sensível pode ser um objeto real, com existência concreta; algo abstrato e genérico; e também produtos da fantasia ou imaginação de um criador. A imagem, entretanto, não é cópia, mas sim uma re-criação da realidade.

Um outro aspecto que também considera, é o encanto provocado pelo imediatismo das imagens, que provoca um choque direto na afetividade e sensibilidade de quem se depara com elas. Segundo Pretto (1996), em educação, as características próprias do signo icônico fazem com que a comunicação por imagens resulte mais eficaz e imediata que a verbal, pois permite



ao receptor uma relação imediata com o objeto. Isto se relaciona com a categoria peirceana de primeiridade, onde se encontram os ícones, e considera-se que, na presença de imagens, a percepção, intuição e afetividade entram em ação antes que as mensagens intencionais tenham sido captadas pelo receptor. O imediatismo das imagens provocaria comportamentos empáticos, explicando a razão pela qual a comunicação social, rica em imagens, gera atitudes de participação. As imagens oferecem informações concretas, polimorfas e vivenciais, e a força das percepções e dos choques afetivos podem trazer sua contribuição aos métodos educacionais, estimulando também a participação e o engajamento.

Outra característica ressaltada por Gutierrez (1978) é que a imagem é um modo de expressão que nos permite comunicar-mos com nossos semelhantes, sendo uma linguagem universal e eterna, haja vista as pinturas rupestres, que ainda hoje provocam fascinação em quem as contempla e o cinema, com filmes em que somente há a sucessão de imagens sem som, mas com grande poder de expressão.

Temos ainda a característica da imagem como sendo significativa, pois pelo aspecto de iconicidade, a comunicação por imagens se vale dos contornos da realidade, proporcionando informação e significados específicos, que no caso do cinema surge também carregada de uma intenção, com uma segunda significação que vai além da simples representação, permitindo transmitir uma mensagem.

3.4. Leitura de Sons

A linguagem dos sons é aquela realizada com o emprego de ruídos, melodias, ritmos, músicas e sons da natureza, por exemplo. Os sons permitem enriquecer e às vezes até modificar o significado de uma imagem filmada, ganhando significado que não teriam sozinhos. Como expõe Gutierrez (1978), temos sobretudo na civilização ocidental uma preponderância da visão sobre os outros sentidos em nosso contato com o real. Os sons, embora sejam menos representativos que as imagens, estão estritamente ligados à nossa vida emocional e afetiva, pois têm a capacidade de suscitar toda uma gama de emoções.

A linguagem das imagens e dos sons existem desde a antigüidade, mas hoje o que se tem como novo é a reprodução, multiplicação e o movimento que se conseguiu dar às imagens, com um emprego correspondente dos sons, como acontece no cinema e na televisão, que dispõem de uma nova linguagem com grandes possibilidades.



É bastante provável que a linguagem do audiovisual, cada vez mais em associação com os meios de comunicação e a informática, com um emprego que tende a se intensificar, também contribua para profundas mudanças na forma de pensar do ser humano, assim como a escrita e a imprensa ajudaram no florescimento da racionalidade humana, mas de uma forma e com conseqüências ainda desconhecidas, que se pode apenas começar a inferir.

Gutierrez (1978) considera uma classificação metodológica dos meios de comunicação de massa em que a união da linguagem verbal com a linguagem icônica dá origem à imprensa diária, revistas de todos tipos, fotonovelas, cartazes, publicidade, histórias em quadrinhos, *posters*, *outdoors*, dentre outras; a união da linguagem verbal com a do som origina a radiodifusão, discos, cassetes, publicidade radiofônica, etc.; e a união das três formas fundamentais de comunicação torna possível o cinema, a televisão e a publicidade em imagens móveis.

A conjugação deste conjunto de linguagens que fazem parte do audiovisual com os recursos da informática possibilitaram o surgimento da hipermídia, que com os CD-ROMs e a *Internet* torna-se acessível em escala cada vez maior, incorporando-se aos meios de comunicação de massa.

3.4. Leitura de Signos

A leitura de signos consiste em sua interpretação, avaliando os diferentes interpretantes possibilitados por um mesmo *representamen*. Neste sentido, não é somente a leitura de signos lingüísticos que pode ser aprendida, mas também a leitura dos signos audiovisuais, pois estes requerem interpretação e não devem ser somente vistos. Assim, ver um quadro ou um filme é diferente de ler um quadro ou um filme. Temos que considerar o que uma imagem representa, como está feita e o que significa. Como considera Gutierrez (1978:22):

Entre a percepção e a representação simbólica por meio de uma imagem e a percepção e representação simbólica por meio de um signo gráfico, existe uma inquebrantável diferença essencial.

Para Pretto (1996:112) “a estrutura que configura os sinais e códigos visuais é de natureza distinta da língua, a tal ponto, que uma pessoa pode *saber ler e escrever* signos

verbais, mas não os signos audiovisuais”. Atualmente existem diversos dispositivos que são frutos das novas tecnologias na comunicação em geral associadas à informática, com uma nova linguagem correspondente e que rapidamente se incorpora ao cotidiano das pessoas. Entretanto, há parcelas da população que possuem uma certa resistência ou mesmo uma certa dificuldade na interação com os novos símbolos do mundo atual. Pretto (1996:99) considera inclusive a existência de um analfabetismo das imagens ou da linguagem do audiovisual:

Hoje, com a proliferação generalizada de imagens pelos meios de comunicação, podemos ir um pouco mais além e afirmar que o analfabeto do futuro será aquele que não souber ler as imagens geradas pelos meios eletrônicos de comunicação. E isso não significa apenas o aprendizado do alfabeto dessa nova linguagem. É necessário compreender que esse analfabetismo está inserido e é consequência da ausência de uma *razão imagética*, que se constitui na essência dessa sociedade em transformação.

Uma solução para se contornar tal situação e construir essa nova razão imagética é adquirir mais intimidade com os novos meios de comunicação e informação, que produzem grande quantidade de imagens e as distribuem pelo mundo todo. Neste processo, a escola pode ter um papel significativo, desde que sejam desenvolvidas políticas educacionais que valorizem o trabalho com estes recursos, possibilitando a formação do profissional capaz de viver plenamente essa civilização da imagem e da informação.

Gutierrez (1978:83) considera este tipo de educação e algumas de suas consequências:

O aluno tem que chegar a dominar a semiótica e a criatividade para ser capaz de converter-se em um “consumidor” inteligente, seletivo e crítico dos Meios de Comunicação Social. Além do mais, estas mesmas linguagens lhe permitirão penetrar com maior facilidade no mundo do saber: arte, literatura, história, geografia, ciências, religião, etc.

Trabalhar nessa perspectiva é considerar a linguagem audiovisual como a linguagem da sociedade do próximo milênio. Observar o comportamento dos jovens em idade escolar, já criados numa convivência íntima com os *videogames*, televisões e computadores, pode ser significativo para entender, por um lado, algumas das razões do fracasso da escola atual e, por outro, alguns elementos para uma possível superação desses fracassos.



3.5. A Hipermídia enquanto *Interface*

Segundo Lévy (1996:76), em informática, *interface* “designa um dispositivo que garante a comunicação entre dois sistemas informáticos distintos ou um sistema informático e uma rede de comunicação”. Neste sentido, um *modem* (modulador-demodulador), é um exemplo de uma *interface*, pois transforma os sinais binários do computador em sinais analógicos que podem se propagar através de uma linha telefônica comum, e também realiza a operação inversa. Permite, desta forma, que vários computadores sejam integrados pela rede telefônica, formando redes de computadores, como na *Internet*.

Quando se fala em *interface homem-máquina*, está se designando, como considera Lévy (1996:76) “o conjunto de programas e aparelhos materiais que permitem a comunicação entre um sistema informático e seus usuários humanos”. O *mouse* é um exemplo de dispositivo de *interface* homem-máquina, que pode ser deslizado pelo usuário sobre uma superfície plana, permitindo selecionar na tela do computador ícones que representam documentos, pastas, instrumentos de desenho, ou partes de textos gráficos. Apertando os botões do *mouse*, ou seja, “clitando”, pode-se realizar diversas operações sobre os objetos selecionados, ao invés de se ter que digitar no teclado códigos de comandos que precisam ser decorados. O usuário pode consultar listas com ações que podem ser realizadas (os menus) e selecioná-las com o *mouse*.

No caso dos ícones, as figuras geralmente têm associação direta com o que se deseja executar, como por exemplo a figura de uma impressora que ao ser “clitada” provoca a impressão de um documento, ou a figura de um disquete que permite efetuar uma gravação de arquivo ao ser ativada, dentre outros exemplos. Este conceito de iconicidade em informática tem sido a base para o desenvolvimento de *interfaces* homem-máquina mais amigáveis, pois diminuem o grau de abstração que é peculiar a uma linguagem de programação, onde o nível simbólico é maior. Nisto temos a exploração dos aspectos icônicos do signo, com seu caráter de primeiridade, que permite a correspondência direta, por semelhança entre o *representamen* e o objeto. Isto tem tornado a máquina mais acessível a seus operadores que, em muitos casos, não estão interessados em conhecer detalhes da estrutura lógica de funcionamento da máquina.

Esta aproximação se verificou em estruturas diversas, desde as linguagens de programação altamente abstratas, próximas da linguagem binária das máquinas, até os sistemas de autoria, programas que permitem desenvolver *softwares* multimídia, com o apoio dos ícones, sem que o programador precise conhecer muito sobre uma linguagem de programação, como é



o caso do programa *Authorware*. Há assim, uma aproximação maior com o modo natural de operação das percepções humanas.

Uma outra *interface*, a hipermídia, permite a ligação dinâmica entre os diversos elementos relacionados a um contexto de informação, tais como os conceitos de um texto, permitindo que o leitor siga suas preferências ao mesmo tempo em que mantém controle sobre a leitura.

A não-linearidade da hipermídia faz com que esta, como *interface*, facilite a nossa interação com a informação, aproximando-se do nosso modo de pensar, que também é não-linear. Clunie (1995:9), utilizando o conceito de hipertexto de modo equivalente ao de hipermídia, considera que:

O enfoque de hipertexto surgiu da constatação de que a forma como a informação é organizada, armazenada e recuperada pelos sistemas de computação é diferente da forma associativa como são realizados esses processos na mente humana. Muitas vezes temos sido forçados a seguir uma seqüência fixa e linear por causa da própria natureza dos meios tradicionais de armazenamento da informação.

Nos sistemas hipermídia, os *links* entre vários nós permitem a ligação de diversos elementos entre si, que contêm textos, gráficos, imagens, filmes, desenhos animados, sons e música. Nesses sistemas, são várias as relações semióticas possíveis. Por exemplo, um determinado nó pode, num momento, ser considerado como um *representamen*, com referência a um certo objeto. Este *representamen* gera um interpretante, que determina a nova ligação a ser estabelecida: há a escolha de um novo *link*, que leva a um novo *representamen*.

O *link* em si, pode ser tomado como um *representamen*. Para ilustrar, suponha-se que ele seja uma palavra. Acioná-lo com os recursos do computador, com o *click* do *mouse*, por exemplo, leva a um possível interpretante, por intermédio das informações contidas no próximo nó e que mantêm relação com esta palavra. Ao mesmo tempo, nessas informações pode haver um novo *link*, que atua novamente como *representamen* e levará a novo interpretante. E estes *representamens* e interpretantes podem se relacionar a um mesmo objeto.



3.6. *Interpretação* Um leitor, ao percorrer um sistema hipermídia dará, desta forma, origem a uma cadeia interpretativa, pois de associação em associação vai sendo levado a novas interpretações sobre um objeto de estudo. O *link* tem o papel de permitir o encadeamento da série interpretativa. As associações realizadas pelos *links* da hipermídia permitem que se explorem os diferentes aspectos de um objeto. Em um mesmo nó, geralmente pode-se optar por diferentes *links* e, desta forma, a série interpretativa pode tomar rumos variados sob a ação do leitor. Com as diversas interpretações que surgem ao se percorrer o sistema hipermídia, o leitor vai se aproximando da realidade do objeto dinâmico, percebendo de forma mais enriquecida seus múltiplos aspectos.

A semiose é teoricamente infinita, pois um sistema hipermídia possui imenso volume de informações que se interconectam, mas na prática a semiose é encerrada em algum ponto, quando o leitor se sente temporariamente satisfeito com o que atingiu, decide explorar um novo assunto, ou interrompe a exploração por um motivo qualquer.

A rede hipermídia em si pode ser tomada, como um todo, como um *representamen* do pensamento da humanidade. Esta era a intenção dos criadores do conceito de hipermídia para o armazenamento e recuperação de informações, como Vannevar Bush e Theodore Nelson. Nelson, por exemplo, em seu projeto *Xanadu*, buscava uma imensa rede acessível em tempo real contendo todos os tesouros literários e científicos do mundo, onde as pessoas poderiam escrever, se interconectar, interagir, comentar os textos, filmes e gravações sonoras disponíveis na rede, anotar os comentários, dentre outras ações. A rede pode, neste aspecto, ser enfocada como ícone, pois guarda semelhança com o pensamento humano, o que se torna mais acentuado quanto maior o volume de informações armazenadas no sistema hipermídia. Isto se reflete até mesmo no modo com o qual relacionamos as idéias no nosso pensamento, por associações, que a hipermídia permite ao leitor reproduzir. A rede reflete o caráter dialogante do pensamento, em que transitamos de idéia em idéia, ou de signo em signo.

Para Peirce, nós somos manifestação de pensamentos, e estamos ligados a outros pensamentos por uma série de relações, formando uma rede intrincada. Por isto, estamos em pensamento. A rede hipermídia é uma forma de concretização desta rede de pensamento em que estamos imersos.



3.6. Implicações da Hipermissão para a Educaão

A tecnologia e os meios de comunicaão tã influenciado praticamente todas as atividades humanas gerando, como consequência, a necessidade de tã serem melhor incorporados ao sistema educacional. As novas tecnologias fornecem diversos recursos que podem ser aplicados à educaão, contribuindo para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem e a modernizaão da escola.

Isto se faz necessário tã porque os prprios estudantes jã fazem parte deste contexto, encontrando-se submetidos diariamente a um contato intenso com os meios de comunicaão e as tecnologias em geral. Segundo Pretto (1996), as estatísticas mostram que uma criança passa em média 4 h por dia em frente à televisã. Isto modifica o comportamento do estudante de hoje, que tem reações diferentes daquelas do estudante de várias dcaas atrs. Há pesquisas mostrando que as crianças em geral apreciam a presena dos recursos audiovisuais em suas aulas. Torna-se, assim, importante considerar as característias da comunicaão audiovisual, e o reconhecimento da realidade atual e do contexto em que os estudantes se acham inseridos.

A escola tem se baseado, até o momento, predominantemente na exposiã oral e na escrita, juntamente com o livro de texto, numa ênfase ao verbalismo, para a transmissã de conhecimentos. As novas tecnologias da comunicaão trazem a possibilidade de uma comunicaão mais integral, ao se utilizarem das imagens e dos sons, permitindo a integraão de todos os sentidos no trabalho com a informaão e tã oferecendo novas formas de ver as coisas.

Isto traz muitas implicaões para a área educacional pois, como considera Pretto (1996:98), faz pensar em uma nova escola que

possa superar a atual, ainda calcada nos velhos paradigmas da civilizaão em crise e que nã conseguiu solucionar os problemas propostos pela prpria modernidade. Uma escola fundamentada apenas no discurso oral e na escrita, centrada em procedimentos dedutivos e lineares, praticamente desconhecendo o universo audiovisual que domina o mundo contemporâneo. A escola nã pode desconhecer esta realidade que se aproxima com o novo milênio e, muito menos, caminhar em sentido oposto ao que ocorre do lado de fora de seus muros.



Como considera Gutierrez (1978), pode-se verificar que a comunicação eletrônica está moldando, ativamente, a estrutura do mundo atual. A revolução informática e eletrônica está modificando as estruturas sociais em poucos lustros. Os responsáveis pelos sistemas educacionais não podem nem devem ficar à margem de um fenômeno tão problemático e comprometedor. É urgente a necessidade de revisar a educação à luz das novas exigências que nos oferecem os meios de comunicação social, tanto por seu conteúdo quanto por suas formas.

É neste contexto que se considera a contribuição que a hipermídia pode trazer à educação. Os sistemas hipermídia são ferramentas atuais que permitem não só o trabalho mais rico e eficiente com informações, por se utilizar de diversas linguagens simultaneamente e contribuir para o estabelecimento de interconexões entre os assuntos, mas também permitem que o indivíduo desenvolva sua capacidade de interagir com estas diversas linguagens de forma a ter um melhor entendimento e interpretação do que é transmitido com as mesmas. Por exemplo, estudantes que têm dificuldade com expressão escrita podem ter outros meios para comunicar-se, seja ele visual ou sonoro.

Campos (1994) considera que, nos sistemas de hipermídia, os recursos de gráficos, sons, cor, animação, humor e outras podem ser utilizados para ganhar a atenção do aluno e tornar a atividade mais interessante. Um outro aspecto, é que os jovens de hoje estão acostumados a ver televisão, escutar música e interagir com jogos de computador, podendo encontrar nas aplicações de hipermídia uma forma mais completa e atrativa de aprender. Gutierrez (1978) também considera a questão da mudança ocorrida nas reações psicológicas dos jovens de hoje pelo contato mais intenso com os meios de comunicação de massa. Estes sentem necessidade de uma sacudida sensorial para trabalhar e comunicar-se e estão inclinados a captar globalmente a conexão das imagens, sensações e sons.

A interconectividade apresentada pela hipermídia também é algo relevante para a aprendizagem, pois a facilidade para o estabelecimento de *links* faculta ao aluno a possibilidade de adquirir conhecimento de diferentes aspectos de um objeto. Neste sentido, atua como uma ferramenta útil em seu processo de aprendizagem, auxiliando-o em sua busca do objeto dinâmico, rumo a um interpretante final.

Em educação, a hipermídia mostra-se, portanto, como um recurso de grande potencial, pois possibilita um acesso ampliado às informações que se deseja apreender; favorece o



aprofundamento do conhecimento com a exploração ativa de um banco de dados, mediante o acesso a *links* inter-relacionando idéias afins; auxilia o estudante a desenvolver a capacidade de lidar com as linguagens que hoje são intensamente utilizadas nos meios de comunicação de massa; e ainda contribui para que o mesmo tenha maior motivação, pela grande variedade de estímulos que são oferecidos e por estar mais próxima da realidade que vivencia no dia-a-dia, dada a presença destas linguagens na sociedade.

Como aplicação dos princípios educacionais relativos à hipermídia e ao ensino de Ciências, desenvolveu-se um *software* educacional que exemplifica como a hipermídia pode ser utilizada nas práticas educacionais, em uma abordagem construtivista. Isto permitiu a realização de um experimento no ensino de Física para avaliar a introdução da hipermídia no contexto educacional e verificar o quanto esta tecnologia pode contribuir para tornar a aprendizagem motivadora e significativa. As etapas percorridas em sua elaboração e os principais resultados obtidos serão descritos no próximo capítulo.



4. DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM *COURSEWARE* DE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

4.1. Desenvolvimento do *Courseware* Gravitação Universal

O *courseware* Gravitação Universal é um aplicativo hipermídia destinado ao ensino da Gravitação Universal no Ensino Médio. O termo *courseware* é empregado para denominar um *software* educacional utilizado como material instrucional para a realização de um curso em determinada área do conhecimento.

Sua elaboração foi necessária no desenvolvimento desta pesquisa para que fosse disponibilizado um sistema hipermídia reunindo características adequadas para o estudo da utilização da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem de Física no ensino médio, apresentando um embasamento pedagógico a partir das recentes pesquisas em ensino de Ciências, fundamentação científica adequada e uma razoável qualidade técnica.

Atualmente verifica-se uma escassez de *softwares* educacionais para o ensino de Física com estas características no mercado, e um sistema hipermídia com um nível aceitável de qualidade é necessário para que as análises sobre a utilização da hipermídia no ensino sejam significativas. Um *software* hipermídia que não apresenta características técnicas e educacionais adequadas não constitui uma boa ferramenta para o desenvolvimento de pesquisas sobre a validade do uso da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem.

O *courseware* Gravitação Universal foi concebido para uma utilização de modo compatível com os princípios da abordagem do construtivismo cognitivista, objetivando o estudo dos conceitos fundamentais da Gravitação Universal e suas aplicações, enfocando as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, e a história da ciência, a fim de possibilitar uma visão abrangente da Física enquanto disciplina científica que apresenta diversos pontos de contato com o dia-a-dia do estudante e pode contribuir para seu enriquecimento cultural e a formação de seu espírito crítico.

Este *courseware* pode ser classificado como um *sistema de navegação*, voltado para a área educacional, pois apresenta um banco de dados na área de Gravitação Universal, pode ser utilizado facilmente e possui uma *interface* amigável.



Os recursos da hipermídia foram utilizados no *courseware* visando contribuir para a visão de conjunto dos estudantes por meio das associações de idéias facilitadas pelos *links* do hipertexto, que possibilitam a conexão imediata com assuntos inter-relacionados apontados no texto. Foram utilizados fotografias, ilustrações, filmes, animações, fundo musical e interações a fim de compor um ambiente motivador e estimulante para a compreensão da teoria e a resolução dos problemas de Gravitação Universal.

O *courseware* foi estruturado de forma a constituir um *micromundo* no qual o estudante pode navegar estabelecendo inúmeras ligações, em que cada tela vai acrescentando algo à sua compreensão. Em um momento o estudante pode se deparar com a biografia de um cientista famoso, inserido em um contexto social e histórico, com seus problemas, crenças, métodos e interesses; em outro pode resolver problemas e verificar as modernas aplicações tecnológicas relacionadas àquilo que estuda, ilustrada com figuras e animações; e num momento seguinte pode desviar-se do texto principal para encontrar o desenvolvimento histórico de um conceito, ou ainda acompanhar um texto atual e ilustrado que elucida sobre implicações sociais do conhecimento que estuda.

Os temas selecionados para compor os textos e problemas do *courseware*, e também as ilustrações e animações escolhidas, podem suscitar vários questionamentos nos estudantes, despertando sua curiosidade e senso crítico, e possibilitam ao professor, enquanto orientador do processo de ensino e aprendizagem, propor diversas questões para evidenciar as concepções alternativas dos estudantes e contribuir para uma reflexão que leve à integração de novos conceitos à estrutura cognitiva dos mesmos, incluindo o processo de mudança conceitual.

Foram incluídos textos que permitem abordar, por exemplo, questões sobre a natureza da ciência, tais como, a evolução das teorias e modelos científicos; o papel da tecnologia no desenvolvimento da ciência; a validação e refutação de teorias científicas; a ciência enquanto um empreendimento que resulta do esforço conjunto de diversos cientistas ao longo da história; a influência do contexto histórico, social e político nas possibilidades de desenvolver ciência; as aplicações tecnológicas possibilitadas com o avanço da compreensão científica do universo e suas implicações sociais; as características fundamentais das teorias e modelos científicos; o papel do método científico no trabalho do cientista; o processo de descoberta e invenção na ciência; dentre outras questões.



Os problemas propostos no *courseware*, por sua vez, oferecem desafio aos estudantes e proporcionam oportunidade para o aprofundamento dos conceitos apresentados no estudo da Gravitação Universal, como por exemplo, as características do campo gravitacional gerado por um corpo esférico, verificado com boa aproximação no caso da Terra; a validade das leis da Física em outros pontos do Universo além da Terra; a sensação de ausência de gravidade em estações espaciais em órbita da Terra e sua relação com a força centrípeta necessária na manutenção do movimento; as características de um satélite em órbita geoestacionária e suas implicações para as telecomunicações; a velocidade necessária para se escapar da atração gravitacional de corpos massivos como os planetas e suas implicações para a astronáutica; a variação do peso de um corpo em planetas diferentes, em virtude das mudanças no campo gravitacional que age sobre o mesmo; dentre outros.

No *courseware* são abordados cientificamente vários temas da Gravitação Universal com os quais o estudante já está familiarizado, pois este presencia fenômenos decorrentes da atração gravitacional como o movimento da Lua em órbita da Terra e o movimento aparente do Sol em torno da Terra; beneficia-se da operação dos satélites em órbita da Terra que efetuam transmissões de TV constantemente; e acompanha pela mídia notícias sobre as imagens coletadas com o telescópio espacial Hubble e obtidas pelas sondas espaciais, o lançamento de ônibus espaciais e a vida em estações espaciais.

Os *links* com idéias correlatas podem despertar o interesse do estudante por determinados assuntos que normalmente não seriam trabalhados durante o estudo de um certo tema principal e contribuir para a ocorrência de aprendizagem incidental, a partir de seu interesse em se aprofundar no assunto.

Esta diversidade de recursos e informações, permitindo uma exploração ativa, com diversos enfoques e utilização de diferentes linguagens, aproveitando também as idéias que este já traz consigo devido à sua vivência no dia-a-dia, contribui para a compreensão e a associação das idéias na estrutura cognitiva do estudante, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem.

O maior controle propiciado ao estudante na exploração do *courseware* pode também contribuir para o desenvolvimento de seu autodidatismo, fomentando o processo de aprender a aprender, uma habilidade que será útil ao estudante pelo resto da existência.



4.1.1. Etapas no Desenvolvimento do Courseware

O *courseware* Gravitação Universal foi desenvolvido ao longo de um período de aproximadamente sete meses, abrangendo as seguintes etapas:

a) Definição de Tópicos

Seleção dos tópicos relacionados ao tema Gravitação Universal para compor a estrutura do *courseware*, incluindo pontos significativos para a compreensão da teoria e resolução dos problemas dentro da abordagem proposta. Tal escolha foi feita mediante uma livre associação de idéias, na qual um especialista no assunto buscou na própria estrutura cognitiva temas relacionados ao estudo da Gravitação Universal, com o apoio de diversas fontes de informação tais como livros, revistas, CD-ROMS e a *Internet*, procurando incluir os itens fundamentais de estudo e proporcionar uma visão abrangente sobre os temas interconectados.

Para ilustrar este processo, pode-se considerar, por exemplo, que o estudo do conceito de campo gravitacional, fundamental na compreensão da Gravitação Universal, leva à abordagem sobre a evolução deste conceito ao longo da história, que por sua vez leva a diversas personalidades que contribuíram para o seu desenvolvimento, dentre as quais Aristóteles, Brahe, Kepler, Galileu, Newton e Einstein.

Este tema permite ainda a conexão com um problema em que as características do campo gravitacional gerado por um corpo esférico, semelhante a um planeta, podem ser exploradas.

Também surgem relações com o campo gravitacional em corpos massivos como um buraco negro, que conduz ao estudo da Teoria da Relatividade, necessária para a compreensão destes corpos e à biografia de Hawking, cientista que aprofundou o estudo sobre buracos negros.

Outra conexão é o conceito de campo gravitacional aplicado ao entendimento da formação do sistema solar, a partir de uma nebulosa inicial, que leva à biografia de Laplace, cientista que contribuiu para a formulação desta explicação.



E cada um dos temas associados ao inicial geram uma série de outras associações possíveis, dentro do assunto básico, resultando em uma verdadeira rede de assuntos interconectados com o acréscimo de novos temas e novas ligações entre os mesmos.

b) *Levantamento Bibliográfico*

Pesquisa em livros de Física, Astronomia e Astrofísica, consulta a revistas, enciclopédias e CD-ROMs e acesso a *sites* da *Internet*, a fim de reunir material de referência suficiente para o desenvolvimento dos conteúdos do *courseware*.

c) *Elaboração dos Textos*

Produção dos textos do *courseware*, a partir do levantamento bibliográfico, considerando as idéias principais relativas a cada tópico selecionado e sua adequação ao nível de conhecimentos dos estudantes a quem o *courseware* foi destinado.

d) *Levantamento e Elaboração de Elementos de Mídia*

Obtenção de elementos de mídia tais como fotografias, animações, filmes e sons, a partir de banco de dados digitalizados contendo arquivos de computador. O *site* da Nasa (North America Space Agency) na *Internet* reúne grande quantidade de material atualizado sobre as diversas áreas de pesquisa espacial desenvolvidas por esta agência, disponibilizados para atividades não comerciais desde que referenciados, sendo a fonte da maior parte das figuras, animações e filmes utilizados no *courseware*.

O material levantado a partir de bancos de dados necessitou, em certos casos, ser trabalhado em programas de editoração de imagens, a fim de adquirir o formato adequado para a utilização no *courseware*.

Também foram desenvolvidas ilustrações e animações específicas, a fim de se obter o efeito desejado na transmissão das informações, utilizando-se de programas de editoração de desenhos e imagens e por intermédio dos recursos oferecidos pelo próprio sistema de autoria utilizado na programação do *courseware*.

e) *Definição da Estrutura do Courseware*

Estabelecimento da estrutura do *courseware*, considerando relações hierárquicas, quando se fez necessário indicar uma ordem no acesso às telas para orientar o estudante na



aquisição dos conhecimentos, utilizando-se *links* de organização; mas oferecendo também amplas possibilidades para a exploração livre de itens inter-relacionados com os *links* de referência.

O *courseware* foi estruturado em seis módulos básicos, cada qual reunindo um conjunto de telas sobre vários assuntos afins. Apesar de apresentar em alguns pontos relações hierárquicas, o *courseware* pode ser melhor caracterizado como um *sistema hipermídia estruturado*. Em cada módulo, as telas introdutórias de cada tópico podem ser acessadas em qualquer ordem desejada, e muitas telas apresentam *links* que possibilitam a conexão com telas de outros módulos, quando os tópicos apresentam inter-relações. No anexo 1 encontra-se o mapa que representa a estrutura do *courseware*, expondo os nós que o compõem e os *links* estabelecidos entre os mesmos.

Esta estrutura foi escolhida por possibilitar a livre exploração do banco de dados pelos estudantes, favorecendo a associação de novos conceitos à sua estrutura cognitiva segundo seus interesses, motivações e características pessoais, mas ao mesmo tempo oferecendo uma estrutura básica para orientar quais os grupos de idéias afins que podem ser exploradas. Deste modo, evita-se o estabelecimento de associações não relevantes entre os conceitos e não se direciona excessivamente a ordem de acesso às telas.

f) *Elaboração do Projeto de Telas*

Definição das telas para compor o *courseware*, distribuição do texto e demais elementos de mídia em cada uma delas, estabelecimento da forma de implementação dos *links* e do modo de navegação, procurando tornar a *interface* com usuário agradável e de fácil utilização.

g) *Programação*

Programação do *courseware* com o sistema de autoria *Authorware*, da Macromedia, estruturando todo o material reunido segundo a estrutura definida no projeto de telas. Esta etapa foi a que exigiu maior tempo de realização, exigindo cerca de cinco meses de trabalho contínuo de um único programador.

O *Authorware* foi escolhido por dispensar a necessidade de conhecimentos aprofundados sobre programação, realizada pela composição de um fluxograma que possibilita



estabelecer a sequência e duração da apresentação dos elementos na tela e as interconexões entre as telas, "arrastando" ícones com funções específicas para o fluxograma, o seu preenchimento com o material previamente selecionado ou desenvolvido com os recursos do próprio programa, e a utilização de uma linguagem de *scripts* quando necessário.

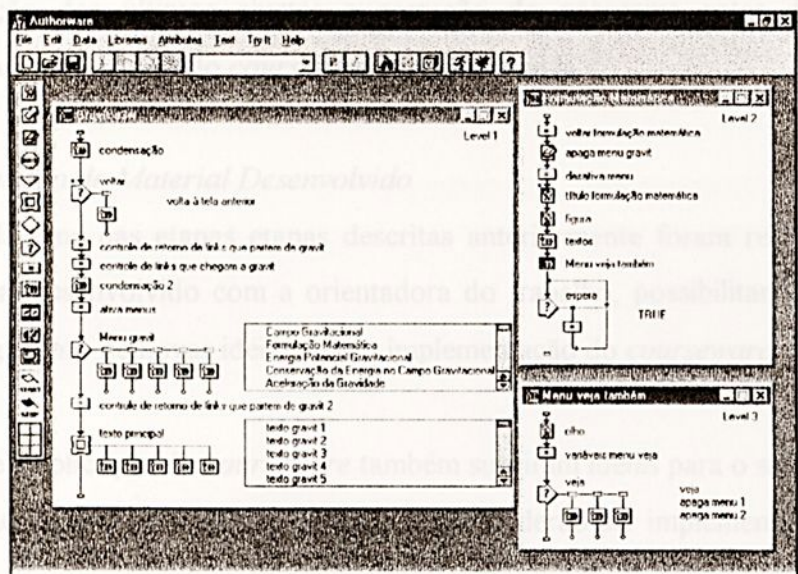


Figura 4.1. Tela do *Authorware* no modo de autoria.

Este *software* de autoria apresenta uma série de recursos adequados para estruturação de telas, estabelecimento dos *links* e disposição de botões, desenvolvimento de figuras e animações, importação de elementos de mídia de outros aplicativos, e troca rápida entre os modos de autor e do estudante, dentre outros. Para maiores detalhes quanto ao seu funcionamento pode ser consultado o manual do programa (Macromedia, 1998).

h) *Revisão da Programação*

Execução do *courseware* no modo de autor e no modo de leitor objetivando a eliminação de erros de programação.

i) *Pré-teste*

Aplicação prévia do *courseware*, proporcionando sua utilização por uma amostra de sujeitos, objetivando uma aferição inicial dos efeitos sobre o usuário em potencial e da adequação do sistema para o processo de ensino e aprendizagem da Gravitação.

O pré-teste constitui etapa importante por evidenciar se o *courseware* tende a funcionar conforme o esperado em uma situação educacional real e fornecer informações relevantes para

ajustá-lo, visando minimizar situações inoportunas que possam ter influência desfavorável na realização do experimento de aplicação do sistema.

j) *Ajustes Finais*

Realização dos últimos ajustes e correção do programa antes da realização do experimento com a utilização do *courseware* em sala de aula.

k) *Discussão do Material Desenvolvido*

Em cada uma das etapas descritas anteriormente foram realizadas discussões sobre o material desenvolvido com a orientadora do trabalho, possibilitando a realização de ajustes e o surgimento de novas idéias para a implementação do *courseware*.

Durante a aplicação do *courseware* também surgiram idéias para o seu aperfeiçoamento e a identificação de pontos a serem corrigidos, que poderão ser implementados em momento oportuno.

4.1.2. Módulos que Compõem o *Courseware*

O *courseware* foi estruturado em seis módulos: Leis de Kepler; Lei da Gravitação Universal; Ciência, Tecnologia e Sociedade; Ciência em Foco; História da Ciência; e Personalidades. A tela de abertura do *courseware* apresenta um *menu* contendo *links* de acesso aos módulos básicos que o compõem.



Figura 4.2. Tela de abertura do *courseware*.

Na tela de abertura de cada módulo encontra-se um *menu* que possibilita o acesso aos tópicos do módulo e um texto explicativo sobre os objetivos de estudo do módulo e sua importância, buscando mostrar outros temas relacionados ao tema principal.

a) **Leis de Kepler.** Módulo que apresenta os conceitos básicos relacionados ao estudo das três leis elaboradas por Kepler para a descrição do movimento planetário, com um exemplo e problemas para a aplicação dos conceitos.

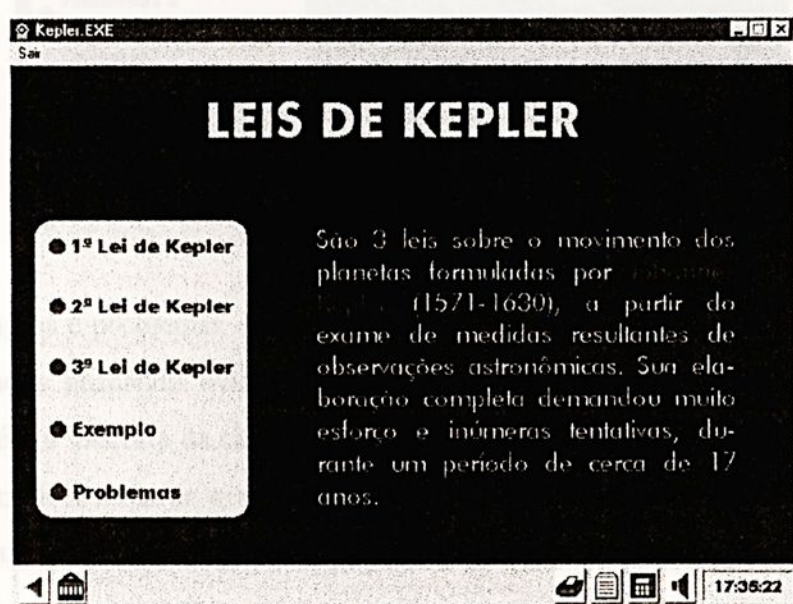


Figura 4.3. Tela introdutória do módulo *Leis de Kepler*.

b) **Lei da Gravitação Universal.** Módulo que apresenta os conceitos básicos relacionados ao estudos da Lei da Gravitação Universal formulada por Newton, incluindo os tópicos Campo Gravitacional, Formulação Matemática, Energia Potencial Gravitacional, Conservação da Energia no Campo Gravitacional, Aceleração da Gravidade, Velocidade e Período de Satélites, e também exemplos e problemas para a aplicação dos conceitos.



Figura 4.4. Tela introdutória do módulo *Lei da Gravitação Universal*.

Os exemplos e problemas dos módulos *Leis de Kepler* e *Lei da Gravitação Universal* foram selecionados buscando evidenciar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, utilizando também a história da ciência e questões ligadas ao dia-a-dia do estudante. Buscou-se o quanto possível mostrar a aplicação da teoria em situações próximas do real, com a utilização de ilustrações e contextos para tornar a realidade estudada mais próxima dos estudantes.

O problema 11 do módulo *Lei da Gravitação Universal*, por exemplo, ilustra a aplicação das lei da gravitação universal no cálculo da velocidade e do período de satélites, apresenta um *link* com um texto de aprofundamento sobre os satélites artificiais (destacado em vermelho) e fornece ainda dados de interesse histórico sobre o satélite *Sputinik*, o primeiro colocado em órbita da Terra.

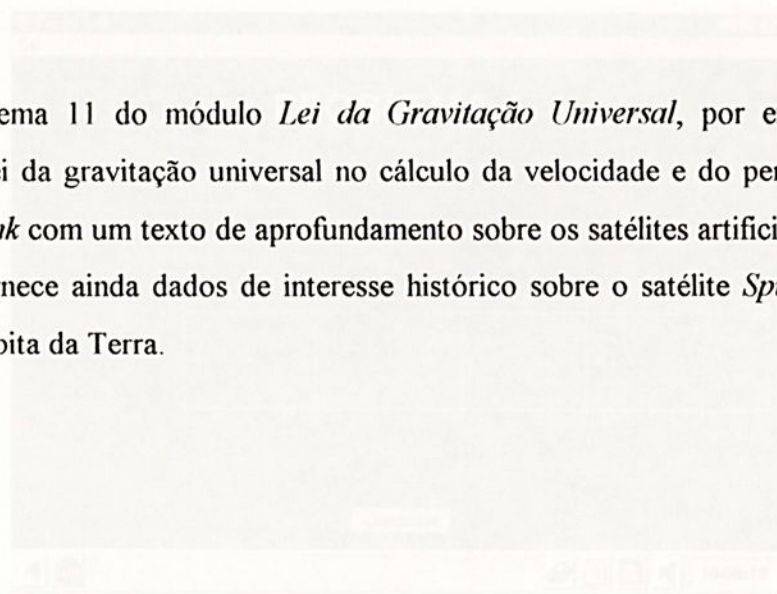


Figura 4.5. Tela introdutória do problema 11 do módulo *Lei da Gravitação Universal*.

Os exemplos e problemas dos módulos *Leis de Kepler* e *Lei da Gravitação Universal* foram selecionados buscando evidenciar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, utilizando também a história da ciência e questões ligadas ao dia-a-dia do estudante. Buscou-se o quanto possível mostrar a aplicação da teoria em situações próximas do real, com a utilização de ilustrações e contextos para tornar a realidade estudada mais próxima dos estudantes.

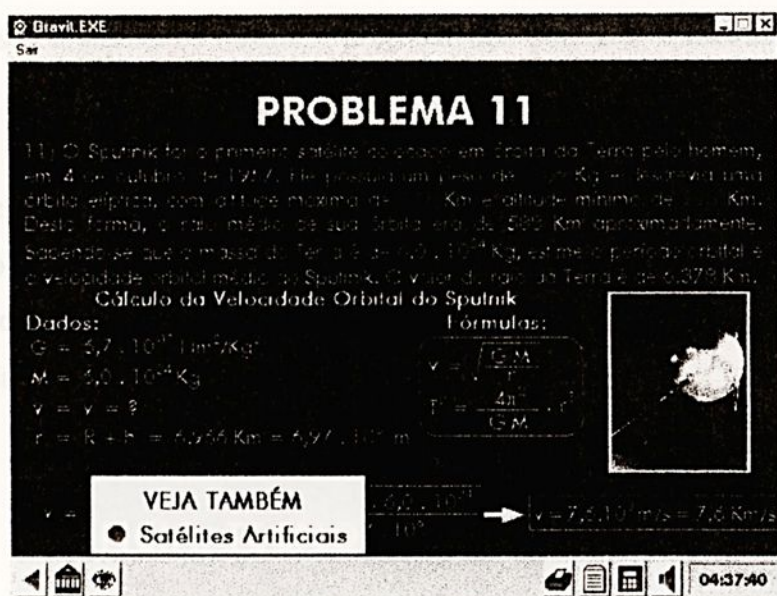


Figura 4.5. Tela final do problema 11 do módulo *Lei da Gravitação Universal*.

O problema 6 do módulo *Leis de Kepler*, por sua vez, situa as leis de Kepler em um contexto histórico, mostrando sua validade ao sistema composto por Júpiter e os satélites descobertos por Galileu Galilei, apresentando um *link* com o texto apresentando a biografia deste cientista (destacado em vermelho). Os *links* em azul possibilitam acesso à imagem de cada um dos satélites citados.

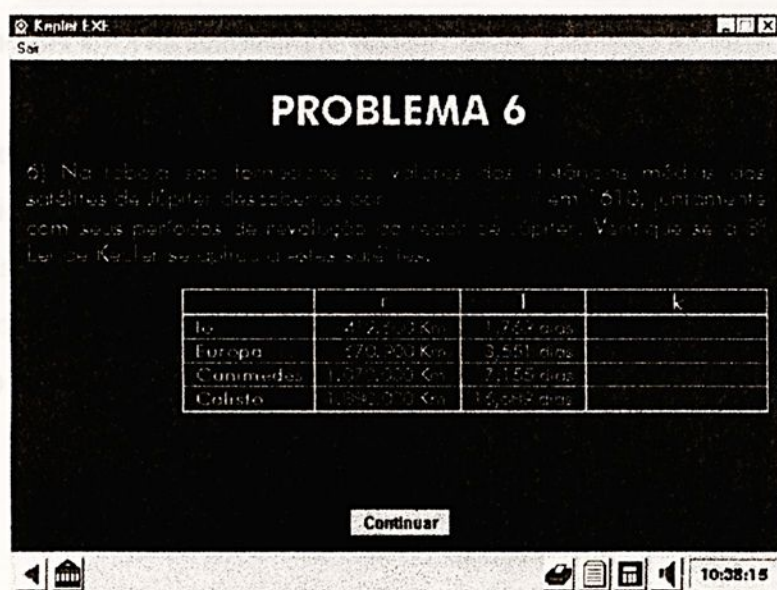


Figura 4.6. Tela introdutória do problema 6 do módulo *Leis de Kepler*.

Os demais módulos foram elaborados com textos, ilustrações e vídeos visando aprofundar as correlações entre ciência, tecnologia, sociedade e história da ciência.

evidenciadas nos dois primeiros módulos, possibilitando percorrer trilhas sugeridas ou a livre exploração.

c) Ciência, Tecnologia e Sociedade. Módulo que busca evidenciar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mediante os recentes avanços na pesquisa espacial e astronômica, incluindo os textos Estações Espaciais, Sondas Espaciais, Ônibus Espaciais, Satélites Artificiais e Telescópio Hubble.

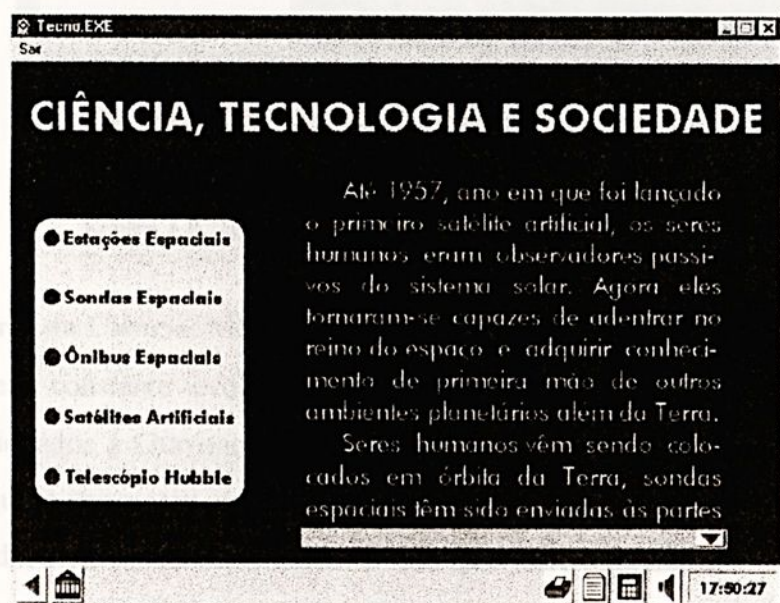


Figura 4.7. Tela introdutória do módulo *Ciência, Tecnologia e Sociedade*.

d) Ciência em Foco. Módulo contendo teorias científicas envolvendo o conceito de campo gravitacional, tanto da Física Clássica como também da Física Moderna, buscando fornecer uma visão ampla das aplicações e limites da Teoria Clássica da Gravitação Universal no entendimento do universo. Apresenta os textos Buracos Negros, A Formação do Sistema Solar, Teoria do *Big Bang* e Teoria da Relatividade.

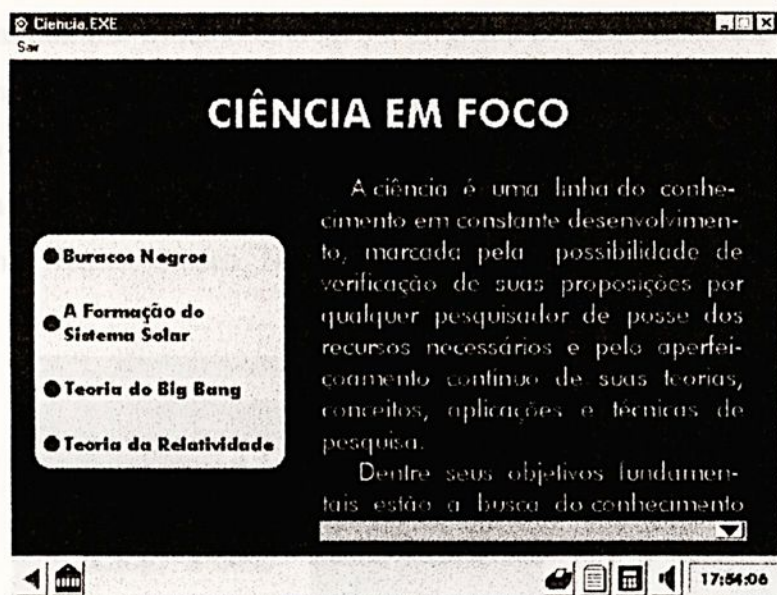


Figura 4.8. Tela introdutória do módulo *Ciência em Foco*.

e) História da Ciência. Módulo que busca evidenciar a ciência enquanto uma linha do conhecimento em constante evolução, ressaltando a construção de conceitos e teorias científicos relacionados à Gravitação Universal ao longo da história, mediante um processo gradativo, em que o progresso tecnológico, juntamente com o contexto social e econômico influenciam o desenvolvimento científico e são por este influenciados. Inclui os textos *Astronomia: uma Ciência Pioneira*, *Modelos do Universo*, *A Revolução do Telescópio*, *A Revolução Científica*, *A Descoberta de Netuno*, e *Evolução do Conceito de Campo Gravitacional*.

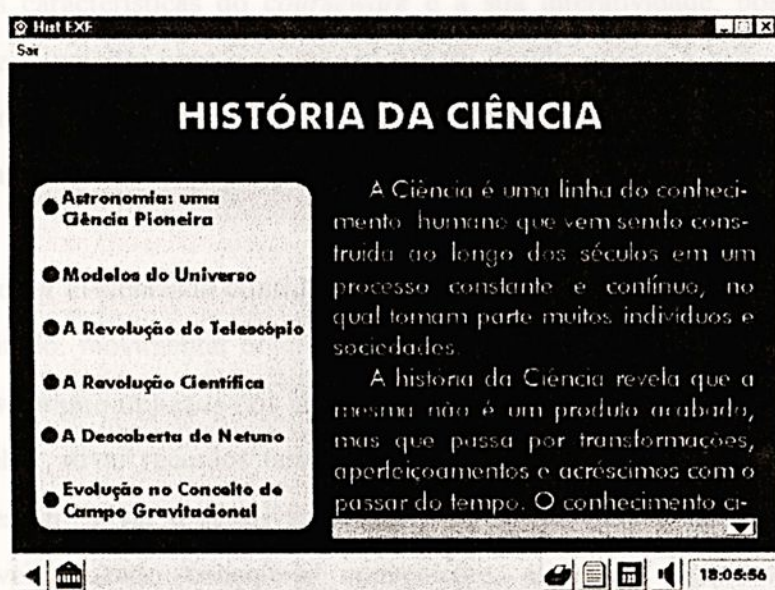


Figura 4.9. Tela introdutória do módulo *História da Ciência*.

f) **Personalidades.** Módulo contendo a biografia de cientistas que forneceram alguma contribuição para o entendimento da Gravitação Universal, revelando o aspecto humano do empreendimento científico, o contexto em que trabalham os cientistas e alguns dos métodos por eles utilizados. Inclui as biografias de Aristóteles, Aristarco, Hiparco, Ptolomeu, Copérnico, Bruno, Kepler, Galileu, Newton, Laplace, Le Verrier, Adams, Hubble, Einstein e Hawking.

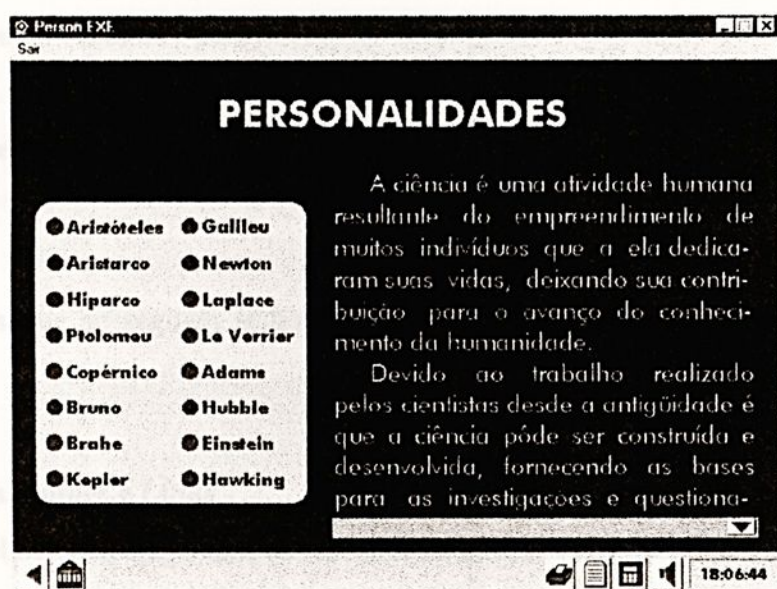


Figura 4.10. Tela introdutória do módulo *Personalidades*.

5.1.3. Características e Recursos Principais do *Courseware*

Uma das características do *courseware* é a sua interatividade, possibilitando que o estudante realize interações com o computador para decidir quanto à utilização dos recursos oferecidos, acompanhar os exemplos, resolver os problemas e escolher os *links* a serem acessados, comandando a navegação pelo hiperdocumento.

Isto pode ser evidenciado considerando algumas das opções disponíveis ao estudante, a quem é possibilitado: movimentar objetos pela estratégia de "clique" e "arrastar" elementos da tela com o *mouse*, muito utilizada nos problemas; proceder à entrada de dados pelo teclado em determinadas telas; ativar recursos tais como calculadora e bloco de anotações; imprimir as telas quando desejar; ativar e desativar a música de fundo quando quiser; iniciar e parar os vídeos disponíveis quando considerar conveniente; ativar as legendas de cada figura posicionando o cursor sobre a mesma, obtendo informações complementares sobre o assunto, e desativá-la ao retirar o cursor da área da figura; entrar e sair das telas no momento que



desejar, podendo voltar sempre à tela anterior e acessar a tela de abertura ou finalizar as atividades a partir de qualquer ponto do *courseware*.

Os *links* do *courseware* foram estabelecidos de modo a propiciar o acesso a tópicos dentro da estrutura de cada módulo e também entre os módulos. Em algumas telas, os *links* conduzem o estudante ao longo de um caminho pré-determinado, de modo hierárquico, assegurando que o mesmo percorrerá as telas inter-relacionadas necessárias para a compreensão do tema em estudo. Os *links* podem surgir na forma de uma ou mais palavras destacadas em vermelho no texto, como tópicos de um *menu* de opções, ou ainda como um ícone ou botão.

Nos itens que se seguem serão ilustrados com mais detalhes estas características e recursos.

a) Ícones, botões e *Links*

No painel de controle encontram-se ícones e botões que possibilitam ao usuário ativar alguns recursos do *courseware* e controlar a navegação pelo hiperdocumento:



Botão Voltar: possibilita voltar à tela anterior.



Ícone Abertura: possibilita o acesso à tela de abertura, a partir de qualquer ponto do *courseware*.



Ícone Veja Também: ao ser ativado, exibe *links* com outros tópicos relevantes associados ao tema da tela atual.



Botão Dica: ao ser ativado, exibe um pequeno texto contendo dicas para a resolução de um problema.



Ícone Imprimir: possibilita realizar a impressão de qualquer tela desejada.



Ícone Bloco de Notas: possibilita ativar o bloco de notas para a realização de anotações em qualquer ponto do *courseware*.



Ícone Calculadora: possibilita ativar a calculadora para a realização dos cálculos durante a resolução dos problemas.



Ícone Som: possibilita ligar ou desligar a música de fundo do *courseware*.

10:20:00

Relógio: exibe sempre o horário atual, permitindo que o estudante controle a duração de seus estudos.

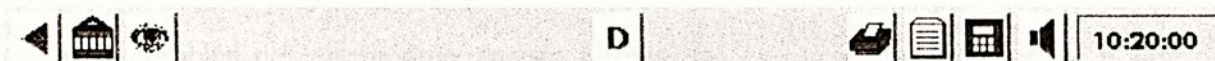


Figura 4.11. Painel de Controle do Courseware Gravitação Universal.

O exemplo 2 do módulo *Lei da Gravitação Universal* permite ilustrar o funcionamento do ícone *Veja Também*. O problema apresenta uma aplicação da Lei da Gravitação Universal ao cálculo da aceleração da gravidade a que está submetido o telescópio Hubble, em sua órbita ao redor da Terra. Quando o ícone é ativado neste caso, é exibido um *menu* apresentando *links* com tópicos inter-relacionados ao exemplo 2. Os dois primeiros *links* conduzem aos problemas 4 e 7, também relacionados ao cálculo da aceleração da gravidade. O terceiro *link* conduz o estudante a um texto que traz mais detalhes sobre o telescópio Hubble.

EXEMPLO 2

2) O telescópio Hubble encontra-se a uma altitude percentual de 0,014 R, onde R é a medida do raio da Terra. Sabendo-se que a aceleração da gravidade na superfície da Terra varia aproximadamente 1,8 m/s², determine a aceleração da gravidade a que está submetido o telescópio Hubble.

Dados:
 $g = g_0 = 9,8$
 $g_0 = 1,8 \text{ m/s}^2$
 $R = R$
 $h = 0,014 R$

Fórmulas:
 $g = g_0 \frac{R^2}{(R + h)^2}$

$g = 9,8 \frac{R^2}{R + 0,014 R} \rightarrow g = 8,78 \text{ m/s}^2$

Figura 4.12. Tela final do exemplo 2, exibindo o ícone *Veja Também*.

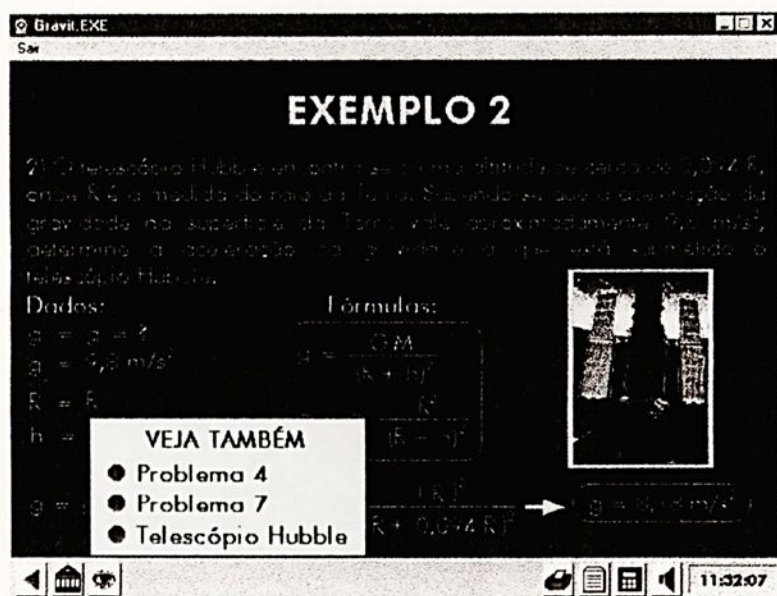


Figura 4.13. Tela mostrando o menu contendo *links* com tópicos inter-relacionados ao exemplo 2.

O problema 3 do módulo *Lei da Gravitação Universal* permite ilustrar o funcionamento do botão *Dica*. No problema é solicitado ao estudante que seja calculada a força de um determinado corpo na superfície do Sol em relação à força sobre o corpo na superfície da Terra.

Logo no início da resolução do problema, o computador exibe o botão *Dica* que, ao ser pressionado, apresenta um pequeno texto fornecendo uma explicação sobre o procedimento necessário para a resolução do problema. O estudante é orientado a calcular a força exercida pelo Sol e pela Terra, utilizando os valores da massa e do raio do Sol em função dos valores da massa e do raio da Terra, dividindo então a força no Sol pela força na Terra, para obter o resultado final. O texto exibido é apagado ao se pressionar novamente o botão *Dica* ou clicando o *mouse* na área do texto.

O botão *Dica* aparece apenas em alguns problemas, quando é necessário fornecer alguma explicação adicional para que o estudante compreenda mais profundamente a questão em problemas de maior dificuldade.

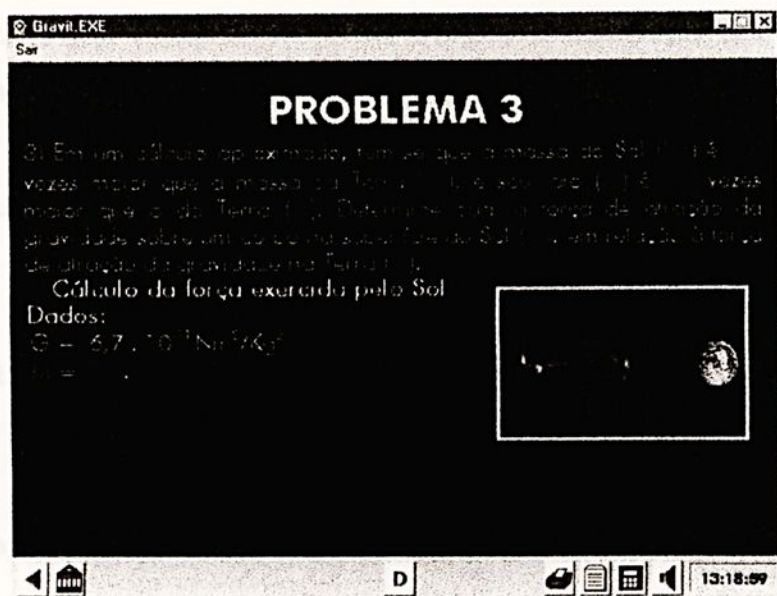


Figura 4.14. Tela do problema 3 exibindo o botão *Dica*.

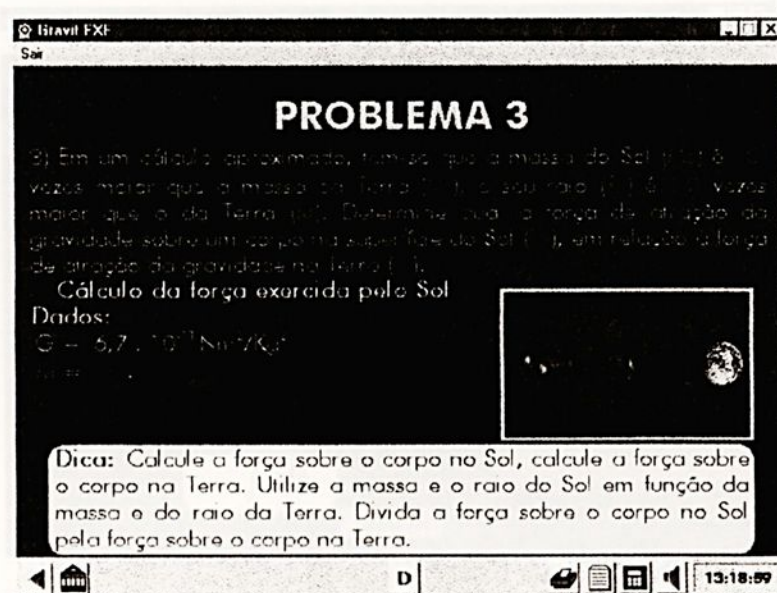


Figura 4.15. Tela exibindo o texto explicativo que surge pressionando-se o botão *Dica*.

Além dos botões do painel de controle, também são utilizados no *courseware* os seguintes botões:

Continuar

Botão Continuar: aparece quando há uma pausa na exibição dos elementos na tela e, ao ser pressionado, possibilita o prosseguimento da apresentação.



Botão Iniciar Vídeo: ao ser pressionado, inicia a apresentação de um vídeo ou animação.



Botão Parar Vídeo: ao ser pressionado, interrompe a apresentação de um vídeo ou animação.



Botão Rolar Texto para Cima: ao ser pressionado, desloca o texto para cima.



Botão Rolar Texto para Baixo: ao ser pressionado, desloca o texto para baixo.

No tópico relativo ao estudo da velocidade e período de satélites, do módulo *Lei da Gravitação Universal*, surge um exemplo da utilização do botão *Continuar* para manter o estudante em uma mesma linha de raciocínio, exemplificando um *link* hierárquico.



Figura 4.16. Tela exibindo o botão *Continuar*.

Após a demonstração da equação para o cálculo da velocidade de um satélite em órbita de um corpo, aparece o botão *Continuar* ocasionando uma pausa na apresentação para que o estudante tenha tempo de refletir sobre cada etapa. Quando o botão é pressionado, a equação é movimentada para cima, surge uma nova maneira de se escrever a equação e um comentário sobre o seu significado.

Caso seja pressionado o botão *Rolar Texto para Cima* na tela da figura 4.16, aparece a continuação do texto, com mais informações e ilustrações relativas ao tema satélites espaciais.

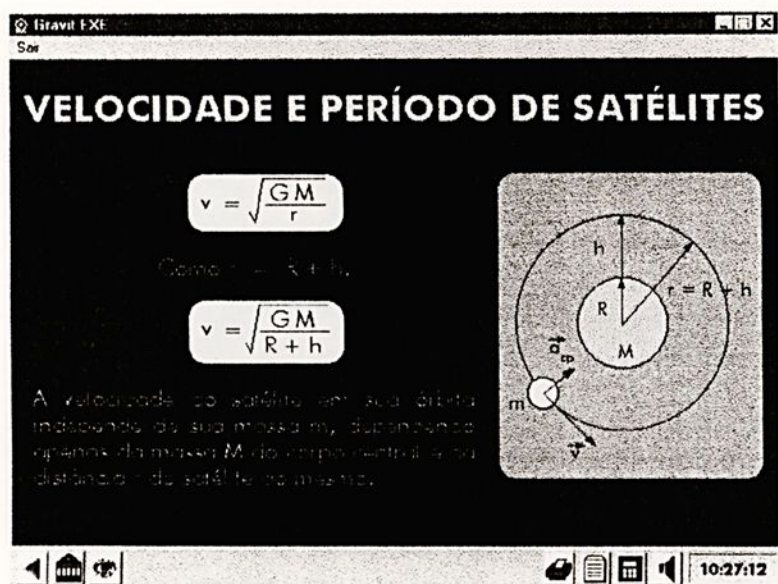


Figura 4.17. Tela exibindo o texto que se segue pressionando o botão *Continuar*.

O tópico sobre sondas espaciais, no Módulo *Ciência, Tecnologia e Sociedade* apresenta um conjunto de vídeos e animações da Nasa que possibilitam exemplificar o uso de botões para o controle de vídeos e animações. A figura 4.18 exibe uma tela contendo uma animação que, ao ser ativada, mostra a sonda espacial Cassini rumando em direção a Saturno, passando antes próximo de um de seus satélites.



Figura 4.18. Tela apresentando botões para o controle de um vídeo.

b) *Exo* Caso seja pressionado o botão *Rolar Texto para Cima* na tela da figura 4.18, aparece a continuação do texto, com mais informações e ilustrações relativas ao tema sondas espaciais.

dinamismo à sua apresentação e possibilitar que sua resolução pudesse ser acompanhada passo a passo, facilitando sua compreensão.



Figura 4.19. Tela com mais informações sobre sondas espaciais..

A tela de abertura do módulo *Lei da Gravitação Universal* ilustra a utilização de *links* promovendo o acesso ao conjunto de tópicos que constituem o módulo, mediante um *menu* com opções, e também o acesso a tópicos relacionados de outros módulos, destacados em vermelho no texto.

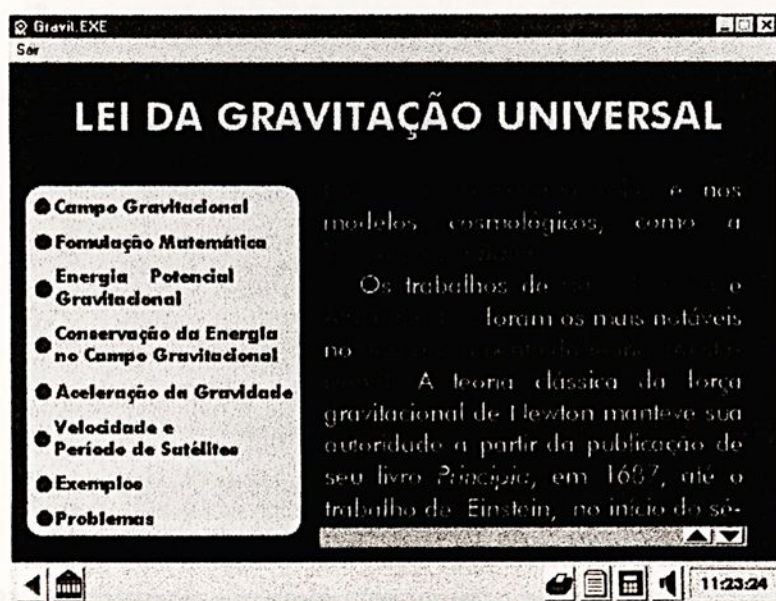


Figura 4.20. Tela exibindo links na abertura do módulo *Lei da Gravitação Universal*.

b) Exemplos

Os exemplos foram elaborados com utilização de animações, objetivando conferir dinamismo à sua apresentação e possibilitar que sua resolução pudesse ser acompanhada passo a passo, facilitando sua compreensão.

O exemplo 3 do módulo *Lei da Gravitação Universal*, mostra a relação da teoria com uma aplicação tecnológica: o lançamento de corpos para fora da Terra, necessário para se colocar satélites em órbita e enviar sondas a outros pontos do espaço.

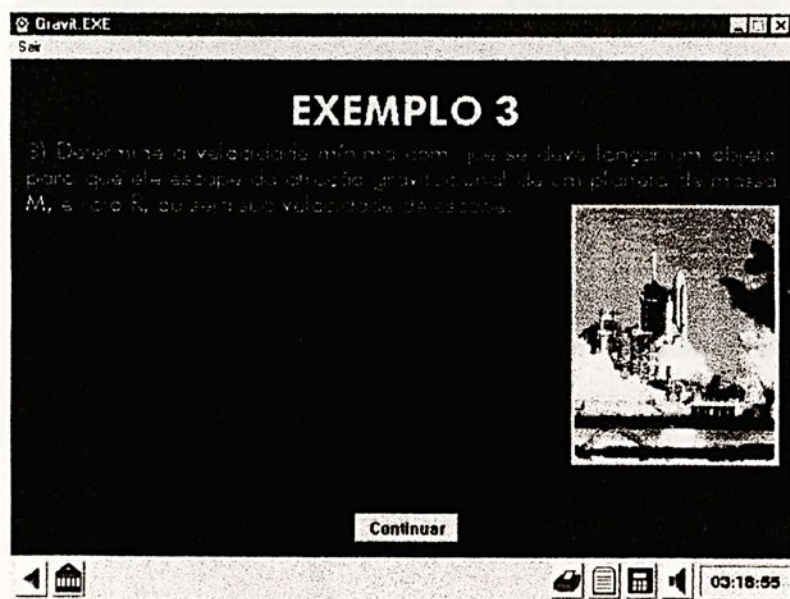


Figura 4.21. Tela introdutória do exemplo 3.

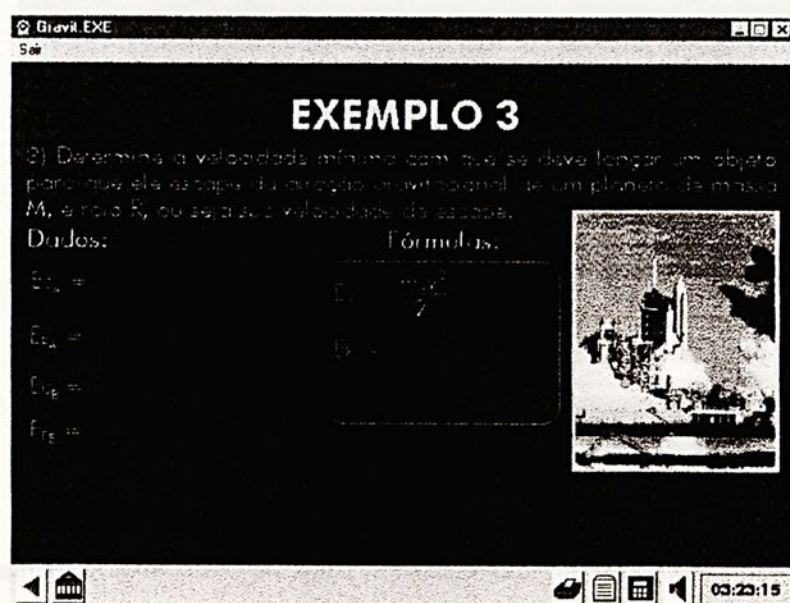


Figura 4.22. Tela mostrando um elemento (em vermelho) sendo movimentado pelo computador.

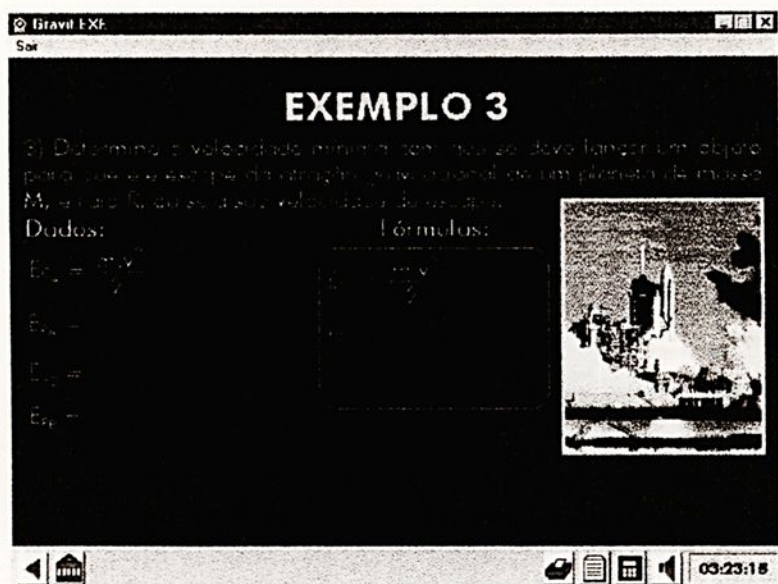


Figura 4.23. Tela mostrando o elemento em movimento na figura anterior na posição de destino.

Ao final do exemplo 3, aparece um *link* conduzindo ao problema 10 do módulo *Lei da Gravitação Universal*, também relacionado ao lançamento de corpos ao espaço.

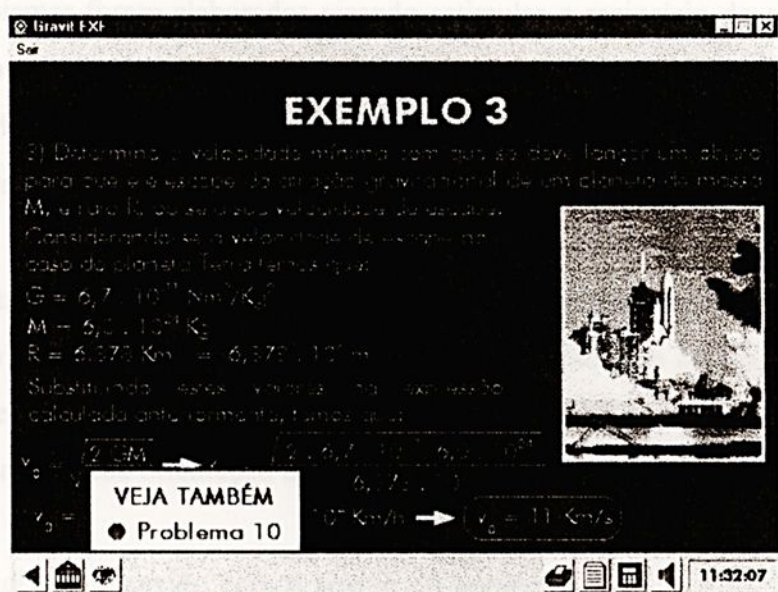


Figura 4.24. Link para o problema 10 do módulo *Lei da Gravitação Universal*.

O problema 10 ilustra o lançamento de corpos para fora do planeta Júpiter, mostrando que as mesmas leis se aplicam a outros sistemas além da Terra. Na figura 4.25, junto à ilustração aparece uma legenda, ativada ao se posicionar o cursor sobre a figura.

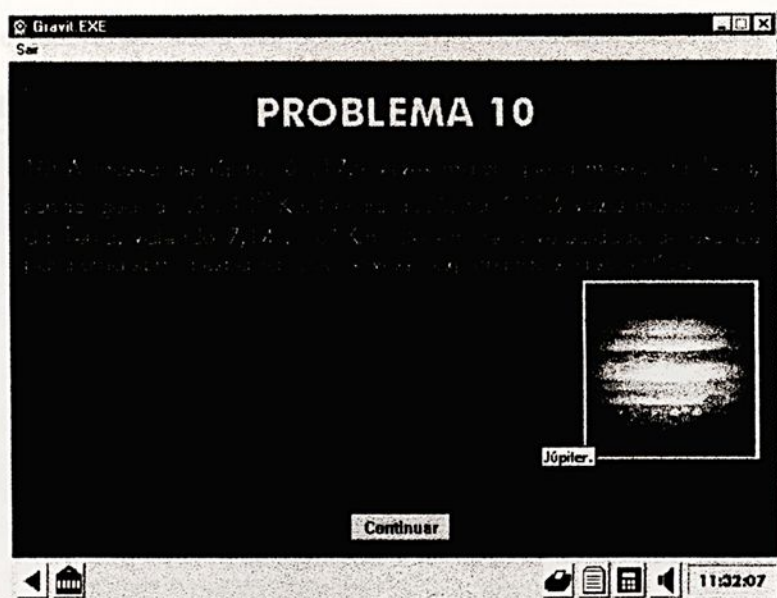


Figura 4.25. Tela introdutória do problema 10 do módulo *Lei da Gravitação Universal*.

d) Problemas

Os problemas foram elaborados visando estimular o raciocínio do estudante na busca de uma solução e compreensão mais profunda das teorias e leis físicas estudadas. Para apoiar sua resolução, foi utilizada uma estratégia de "clique" e "arraste" com o *mouse*, em que os elementos ativos, que podem ser arrastados, são exibidos em vermelho.

Esta estratégia foi elaborada com base no *courseware* desenvolvido por Machado (1997), visando estimular a atuação do estudante na interação com o computador, possibilitar que o estudante seja informado pelo computador sobre seu desempenho a cada etapa, e permitir que o mesmo receba orientação individual em suas tentativas de solucionar o problema.

O aprendizado ocorrido com o auxílio do computador sobre a teoria e aplicação dos conceitos fundamentais sob estudo pode, então, ser transferido a outras situações e problemas em que o computador não está presente.

Para exemplificar como ocorre o processo de resolução de problemas com apoio do computador no *courseware Gravitação Universal*, apresenta-se, em sequência, as etapas principais envolvidas na resolução do problema 2 do módulo *Lei da Gravitação Universal*, ilustrando a aplicação da formulação matemática da Lei da Gravitação Universal para o cálculo da força entre a Terra e a Lua.

Inicialmente encontram-se na tela o enunciado e a ilustração do problema.

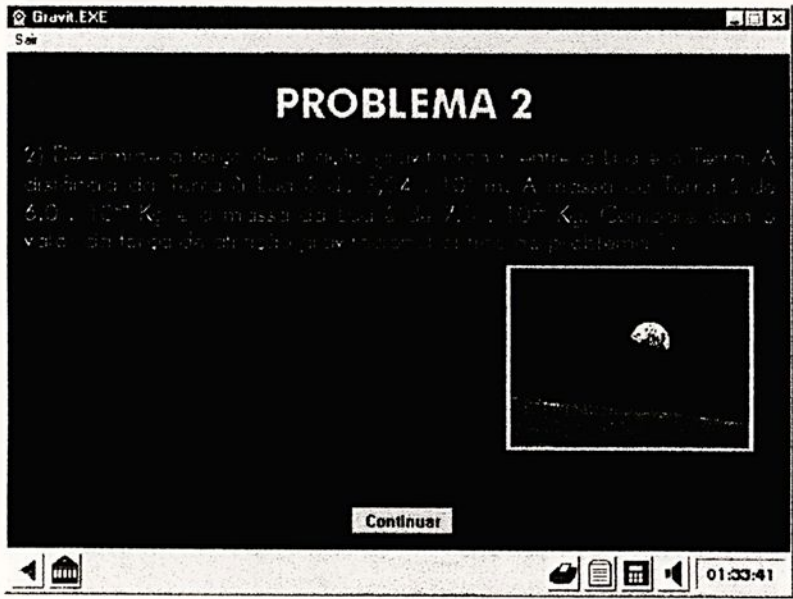


Figura 4.26. Tela introdutória do problema 2 do módulo *Lei da Gravitação Universal*.

Pressionando-se o botão *Continuar*, os elementos ativos que podem ser arrastados são apresentados em vermelho, e pode ser iniciado o processo de retirada dos dados para a resolução do problema, com a exibição de um espaço a ser completado com um valor adequado extraído do enunciado.

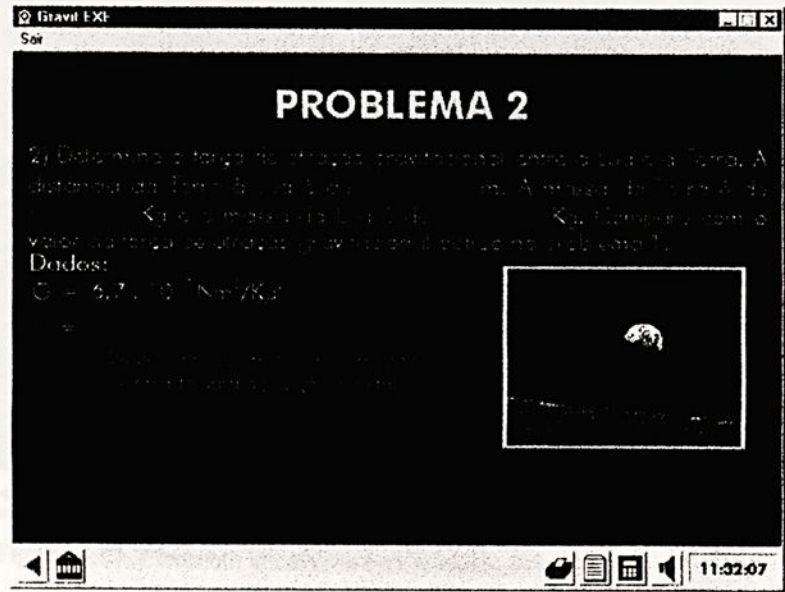


Figura 4.27. Tela do problema 2 exibindo os elementos ativos em vermelho.

O estudante deve então arrastar o número escolhido até a posição correta.

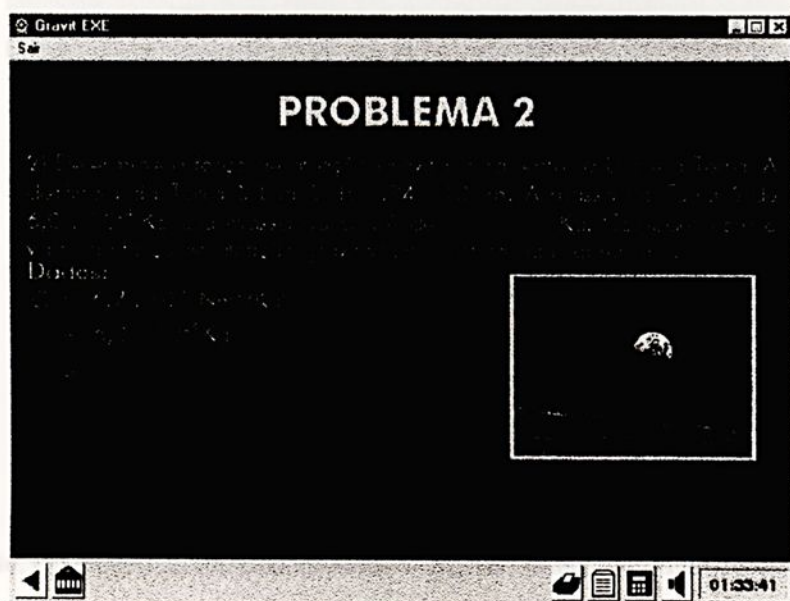


Figura 4.28. Elemento sendo arrastado na retirada de dados.

Se o estudante arrastar um número errado para uma determinada posição, o computador faz com que este número retorne ao lugar de origem e exiba os dizeres "Tente novamente!".

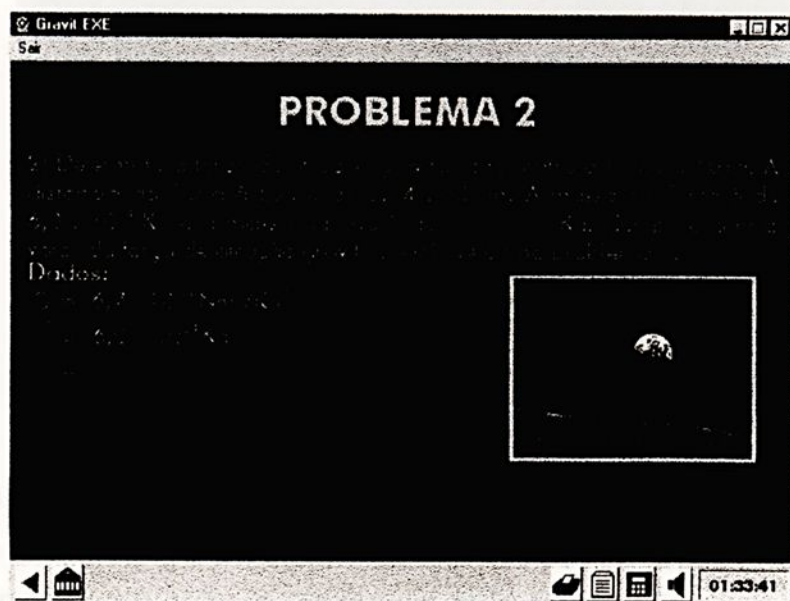


Figura 4.29. Elemento encaixado incorretamente na retirada de dados.

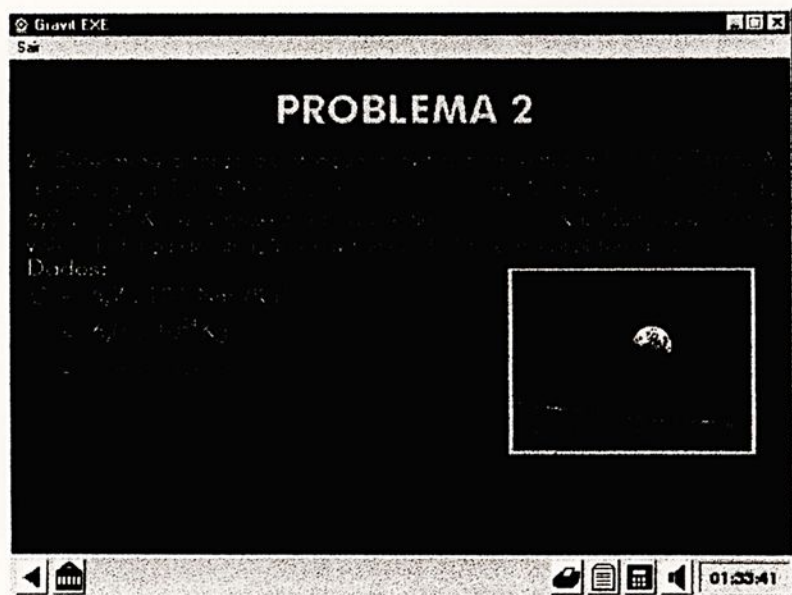


Figura 4.30. Orientação do computador após o retorno do número incorreto à posição original.

Se o número for encaixado na posição correta, o computador fornece uma orientação exibindo os dizeres "Muito bem!", e possibilita seguir adiante na resolução do problema.

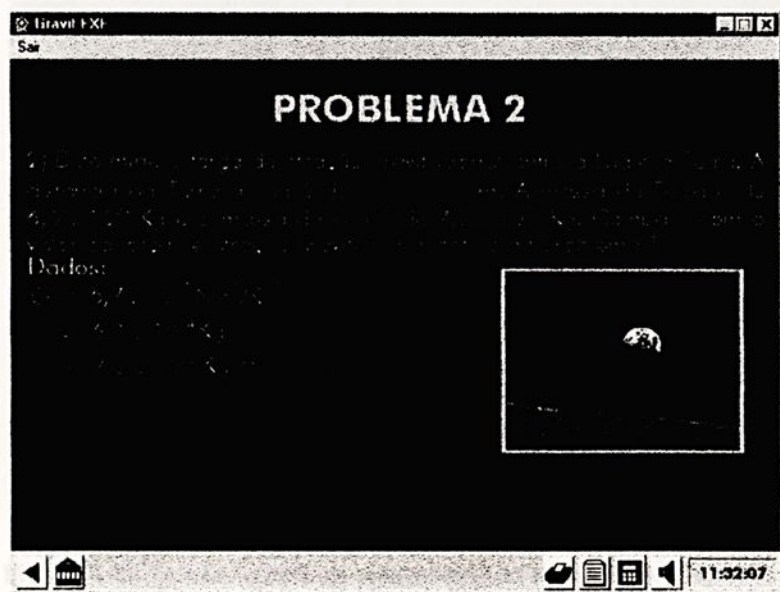


Figura 4.31. Número sendo encaixado na posição correta, com a orientação do computador.

Após a retirada dos dados, o computador exibe equações relacionadas ao assunto. A mais adequada deve ser arrastada com o *mouse* para a posição indicada pela seta, para o prosseguimento da solução do problema.

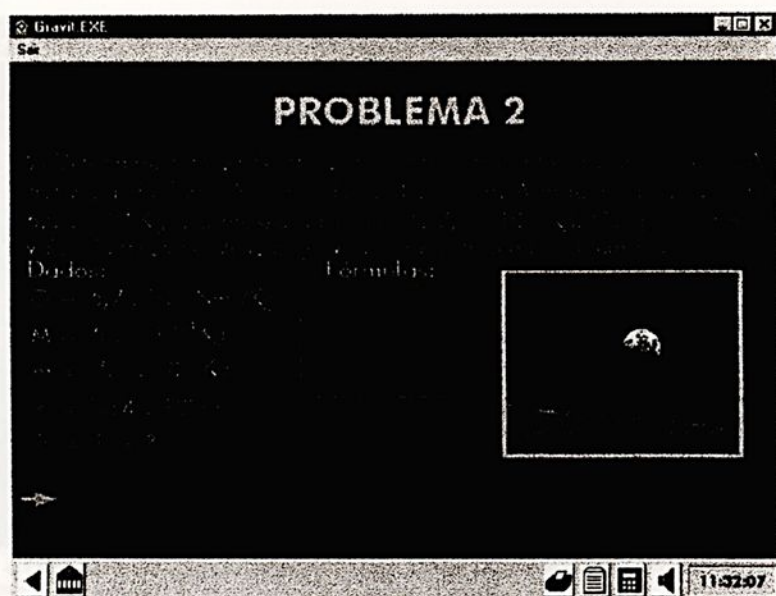


Figura 4.32. Tela exibindo a seta indicando o local para onde a fórmula correta deve ser arrastada.

O estudante deve então substituir as variáveis pelos valores correspondentes.

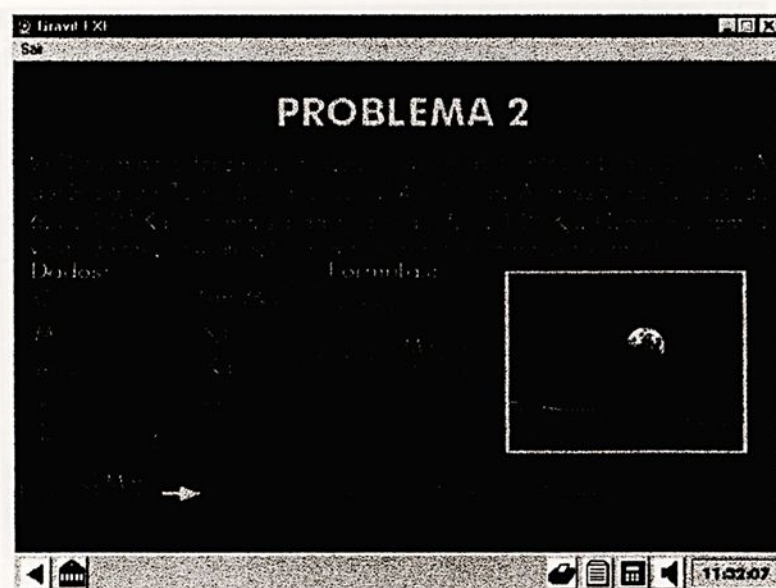


Figura 4.33. Tela mostrando os espaços para a substituição das variáveis.

Após a substituição das variáveis, o estudante deve calcular o resultado final, digitando pelo teclado o valor que encontrou.

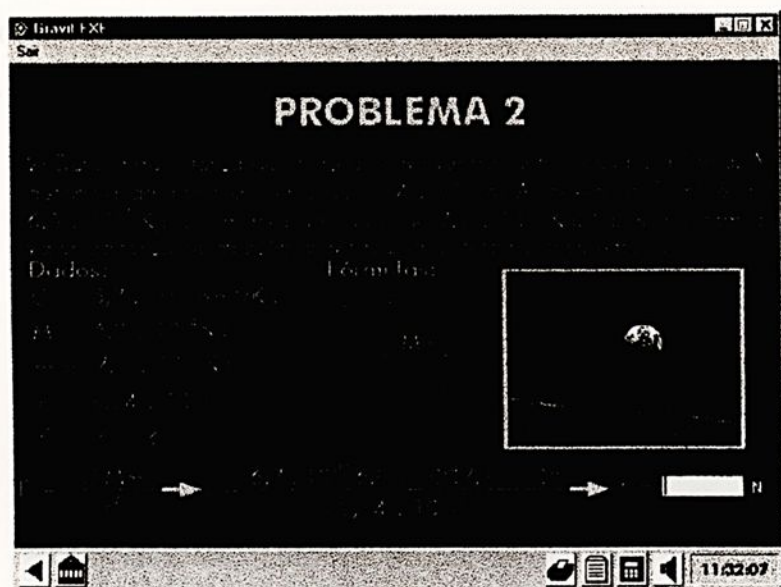


Figura 4.34. Tela apresentando o espaço para a entrada do resultado final.

A calculadora pode então ser ativada para auxiliar nos cálculos.



Figura 4.35. Tela mostrando a calculadora.

Figura 4.37. Tela final do problema 2, com a resposta confirmada pelo computador.

Se o estudante desejar, pode ainda acionar o bloco de notas, anotando suas conclusões e as informações que considerar necessário, para posterior estudo, ou mesmo imprimir a tela final do problema.

E a resposta final pode então ser digitada.

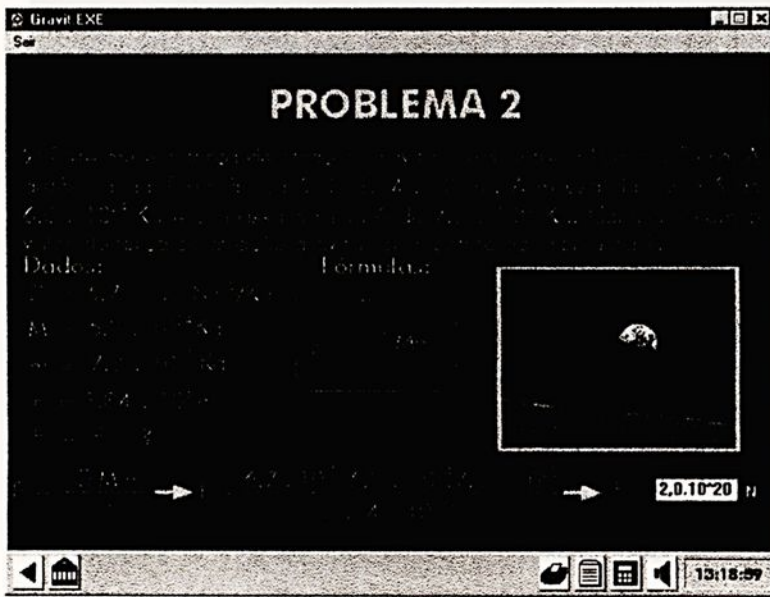


Figura 4.36. Tela mostrando o resultado final digitado.

Se a resposta estiver correta, o computador exibe o resultado final.

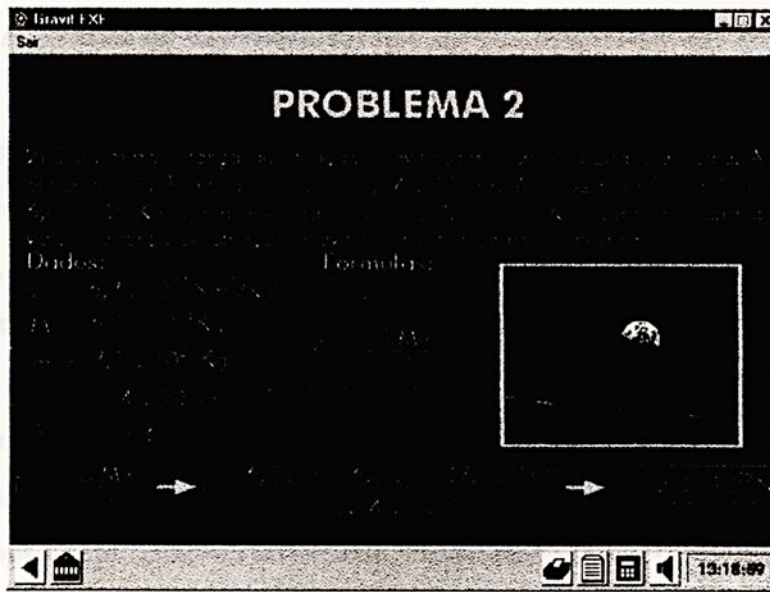


Figura 4.37. Tela final do problema 2, com a resposta confirmada pelo computador.

Se o estudante desejar, pode ainda acionar o bloco de notas, anotando suas conclusões e as informações que considerar necessário, para posterior estudo, ou mesmo imprimir a tela final do problema.

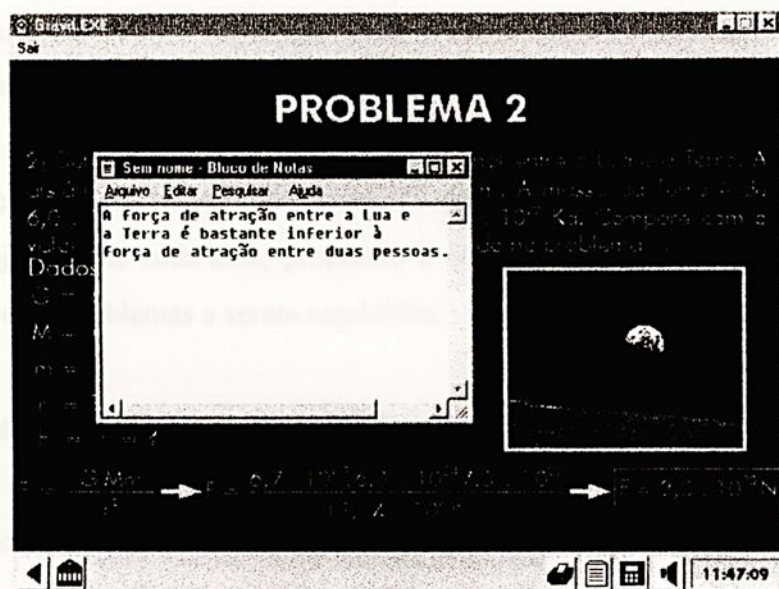


Figura 4.38. Tela final do problema 2, exibindo o bloco de notas.

4.2. Aplicação e Avaliação do *Courseware* Gravitação Universal

4.2.1. Aplicação do *Courseware*

Para a aplicação do *courseware Gravitação Universal* em um contexto que propiciasse a avaliação da hipermídia no ensino de Física no ensino médio, foi realizado um experimento envolvendo duas turmas do segundo ano do ensino médio no Colégio Estadual Presidente Costa e Silva, de Foz do Iguaçu, Paraná. Ambas as turmas não haviam estudado ainda o tema Gravitação Universal e possuíam conhecimentos básicos de Mecânica Clássica.

O *courseware* foi aplicado na turma A, no período matutino, durante o período de quatro semanas, com três aulas por semana em média, totalizando dez aulas no computador. Esta turma constituiu o grupo experimental, composta por vinte e oito alunos, na qual *software* de ensino foi utilizado de modo integrado ao currículo da escola. O número de aulas destinadas ao experimento foi estabelecido tendo em vista o tempo mínimo necessário para se trabalhar os conceitos básicos da Gravitação Universal e os prazos para a entrega dos resultados das avaliações.

Durante as aulas, cada computador teve de ser compartilhado por dois ou três estudantes do grupo experimental, pois havia somente 12 computadores disponíveis no

laboratório de informática da escola. Em cada computador os alunos procuraram interagir entre si para definir de que modo estariam explorando o *courseware*.

A utilização do *courseware* foi orientada pelo professor, que atuou explicando aos estudantes os objetivos de cada aula, propondo o conjunto básico de informações teóricas a serem estudadas e os problemas a serem resolvidos.

O professor acompanhou todas as atividades, ficando disponível para atender aos questionamentos dos estudantes na medida em que foram surgindo, propondo questões e realizando a discussão dos pontos essenciais. Os estudantes foram incentivados também a explorar o *courseware* conforme seu próprio interesse, a fim de entrar em contato com outros temas de estudo além dos sugeridos pelo professor.

Os mesmos conteúdos trabalhados com a utilização do *courseware* foram abordados na turma B, no período noturno, durante um período de oito semanas, com duas aulas semanais em média, totalizando dez aulas. Esta turma, composta por trinta alunos, serviu como grupo de controle, na qual atuou o mesmo professor que desenvolveu as atividades com a turma A.

O professor atuou na turma B expondo a teoria básica verbalmente e com apoio do quadro-negro, procurando ter uma atuação nos demais aspectos semelhante à que teve na turma A, indicando textos a serem lidos e os problemas a serem resolvidos, com a utilização de uma apostila com os mesmos textos existentes no *courseware*.

As turmas foram escolhidas em turnos diferentes para evitar possíveis interferências nas reações dos estudantes, pois o fato de uma turma estar utilizando o computador e outra não poderia desencadear sentimentos antagônicos nos estudantes que não teriam acesso ao *courseware*, gerando interferências no teor das avaliações.

Estas turmas apresentavam perfis um pouco diferentes, como por exemplo o fato dos estudantes do período noturno trabalharem em geral durante o dia todo, ao contrário dos estudantes do período matutino, e apresentarem média de idade um pouco superior aos estudantes da manhã.



(1990) Entretanto, na escolha das turmas considerou-se que estas diferenças não produziriam efeitos relevantes na avaliação da utilização da hipermídia objetivada nesta pesquisa, pois os estudantes de ambas as turmas estavam com um nível semelhante de conhecimento prévio (mecânica clássica), dentro de uma faixa etária adequada para se trabalhar o conceito de campo gravitacional (a partir dos quinze anos de idade), e estudariam os mesmos conteúdos básicos, sob a orientação de um mesmo professor. Estavam, portanto, em condições cognitivas similares para propiciar elementos de comparação entre seus desempenhos e a aferição das diferenças ocasionadas pelo trabalho com a hipermídia.

4.2.2. Avaliação da Hipermídia

A avaliação do experimento incluiu a aferição da aprendizagem dos estudantes de ambas as turmas com a utilização de uma estratégia de avaliação contínua, a partir da entrega dos trabalhos propostos durante as atividades em sala de aula. Em cada aula os estudantes deveriam entregar a solução dos problemas propostos e o resumo dos textos estudados em sala de aula. Em ambas as turmas foi solicitada a resolução dos mesmos problemas e a elaboração de resumos dos mesmos textos.

O professor realizou uma observação livre dos comportamentos e reações dos alunos durante as aulas nas turmas A e B, não estruturada, elaborando um relatório detalhado que também forneceu dados para a avaliação do experimento.

Após o desenvolvimento dos conteúdos propostos no grupo experimental, foi aplicado um instrumento para avaliar a opinião dos alunos sobre o curso de Física com a utilização do computador. Este instrumento, denominado *Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o Uso da Hipermídia no Curso de Física* e apresentado no anexo 2, foi elaborado com base no questionário desenvolvido e validado por Athayde (1990), incluindo itens para avaliar a influência do hipermídia sobre a opinião quanto ao curso de Física, e itens para avaliar a qualidade do *software*.

Para a avaliação da qualidade do *courseware* foi elaborado também um instrumento contendo itens relativos ao seu conteúdo, sua qualidade instrucional e sua qualidade técnica, denominado *Ficha de Avaliação do Courseware Hipermídia Gravitação Universal*, incluída no anexo 3. Esta ficha foi elaborada com base na ficha desenvolvida e validada por Athayde

(1990) e foi destinada à avaliação do *courseware* por professores de Física do ensino médio e do ensino superior.

4.3. Resultados da Avaliação da Hipermídia

4.3.1. Observações em Sala de Aula

Mediante a observação realizada pelo professor em sala de aula, constatou-se que:

- Os estudantes aprenderam a utilizar o *courseware* rapidamente, sem maiores dificuldades para realizar a navegação pelo hiperdocumento, explorando os *links* existentes, acompanhando os exemplos e resolvendo os problemas propostos.
- Os estudantes demonstraram grande animação ao se dirigirem para o laboratório de informática, motivados pela possibilidade de utilizar os computadores no processo de aprendizagem.
- Os estudantes solicitavam espontaneamente explicações do professor quando tinham alguma dúvida sobre o funcionamento do *courseware*. Em alguns casos foi um pouco difícil atender aos chamados individuais prontamente, pois vários estudantes solicitavam atenção ao mesmo tempo. Isto poderia ser contornado com a presença de monitores para auxiliar o trabalho do professor. Entretanto, isto mostrou como o *courseware* fornece liberdade para os estudantes estudarem os conceitos e resolverem os problemas segundo seu próprio ritmo, recebendo explicações à medida que necessitam.
- O envolvimento com o *courseware* fez com que praticamente não houvesse problemas com a disciplina em sala de aula, pois os estudantes ficavam muito entretidos interagindo com o mesmo.
- Em algumas aulas com o *courseware* houve tendência de uma parte dos estudantes se dispersar após o término das atividades propostas, embora fossem incentivados a explorar os *links* do *courseware*, envolvendo-se com outros programas disponíveis nos computadores que utilizavam, exigindo em alguns casos a intervenção do professor. Entretanto, de modo geral, os estudantes permaneceram envolvidos com o *courseware*, desenvolvendo as atividades propostas ou explorando-o livremente.
- Em diversas aulas com o *courseware* houve comentários favoráveis à sua utilização. Ao final da segunda aula, por exemplo, um dos estudantes espontaneamente comentou com o



professor que o *courseware* era "legal". Houve estudantes que solicitaram uma cópia do programa para utilizarem em suas casas.

- As queixas mais comuns durante o curso ocorreram em relação ao esforço necessário para a resolução de alguns problemas. Isto era esperado, pois os mesmos foram elaborados para desafiar os estudantes e estimular seu raciocínio. Os cálculos exigidos também ofereciam um nível um pouco maior de dificuldade do que aquele a que estavam acostumados, devido à utilização da notação científica, necessária para os cálculos envolvendo ordens de grandeza astronômicas. Isto ocorreu tanto no grupo experimental como no de controle, sendo algo intrínseco ao conteúdo estudado.

- Praticamente todos os estudantes do grupo experimental procuraram resolver os problemas propostos no *courseware*, enquanto no grupo de controle houve maior número de estudantes que não se empenharam na solução dos problemas da apostila. Isto evidenciou que o apoio do *courseware* na montagem dos problemas, oferecendo dicas e retorno a cada tentativa ou esforço de solução, foi válido no sentido de estimular o raciocínio e a resolução dos problemas, mesmo daqueles estudantes que normalmente tenderiam a aguardar a solução proveniente do professor.

- Houve uma preocupação dos estudantes em resolver os problemas também sem o auxílio do computador, o que motivou a entrega de listas adicionais de problemas para a resolução com papel e caneta, após os estudos com o *courseware*. Isto parece ser importante para que os estudantes sintam-se à vontade para transitar entre modos de representação da informação que exigem habilidades diferentes, possibilitando que o aprendizado com o apoio do computador seja estendido facilmente com a utilização do modo convencional de escrita e leitura.

- Em várias aulas muitos estudantes permaneciam envolvidos com o *courseware* após ter soado o sinal para se dirigirem ao outro prédio de aulas, muitas vezes desejando chegar ao final da resolução de um problema com apoio do computador. Isto exigiu até mesmo diálogo por parte do professor para lembrar aos estudantes sua responsabilidade em manter a pontualidade nas aulas que assistiriam em seguida. Isto evidenciou a motivação e o interesse gerado pela interação com o computador, estimulando os estudantes no entendimento dos conteúdos e na resolução dos problemas.

- As ilustrações, imagens, vídeos e animações do *courseware* possibilitaram que a realidade estudada ficasse mais próxima dos estudantes, facilitando os comentários do professor e os debates promovidos. Isto não foi tão fácil na turma que utilizou-se apenas da



apostila, que não contava com estes recursos, pois faltavam elementos de referência visual para tornar mais concretos os temas estudados. Tal fato mostrou a relevância da utilização da multimídia no ensino, possibilitando maneiras mais ricas de se representar as informações em estudo.

- Uma dupla de estudantes indagou em uma das aulas sobre uma figura do *courseware*, que haviam acessado espontaneamente a partir de um *link* existente em um dos textos que o professor havia proposto para leitura, possibilitando que recebessem algumas explicações sobre a Teoria da Relatividade, que a princípio não seria trabalhada no curso. Também observou-se que a maior parte dos estudantes explorou conexões do *courseware* que não haviam sido explicitamente propostas pelo professor, durante o estudo de um determinado tema. Isto revelou o potencial da hipermídia para a aprendizagem incidental, favorecendo a exploração de temas segundo o interesse dos estudantes e a ampliação de seu conhecimento com o ativamento de *links*, ao mesmo tempo que possibilita o enriquecimento das aulas com temas e questões trazidos pelos próprios estudantes.

- As observações revelaram que, de modo geral, o *courseware* alcançou seus objetivos de tornar a aprendizagem mais motivadora e interessante, conseguindo gerar o engajamento dos estudantes nas atividades propostas. Também propiciou condições para a aprendizagem incidental, além dos objetivos imediatos propostos pelo professor, mediante a exploração dos *links* disponíveis. Estes aspectos não foram tão evidentes no grupo de estudantes que não utilizou o *courseware*.

4.3.2. Aferição da Aprendizagem

Para a aferição da aprendizagem dos estudantes considerou-se além das notas obtidas durante o período experimental, as notas obtidas pelos estudantes da turma A e da turma B em três avaliações fora do período em que foi realizado o experimento, com outro professor, sem o uso do computador, durante o ano letivo.

Calculando-se a média das notas obtidas pelos estudantes em cada avaliação fora do período experimental, chegou-se às notas de cada turma, apresentadas na tabela 4.1, que foram comparadas a fim de averiguar possíveis diferenças já existentes inicialmente nos desempenhos das turmas, para maior correção das análises e interpretações dos resultados do experimento desenvolvido.



	Turma A	Turma B
M_1	7,3	6,4
M_2	8,0	8,3
M_3	6,9	6,8
Média das Médias	7,4	7,2

Tabela 4.1. Notas médias obtidas pelas turmas fora do período experimental.

Tratamento Estatístico 1 - Análise de Variância

- Quadro de ANOVA - Delineamento em Blocos Completos
- Tratamento T_A e T_B
- Blocos M_1 a M_3

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados Médios	Variável de Fisher	Probabilidade
Tratamento	1	0,081667	0,437500	0,576341
Blocos	2	1,126667	6,035714	0,142132
Resíduo	2	0,186667	—	—
Total	5	—	—	—

Tabela 4.2. Resultados do tratamento estatístico das notas médias obtidas pelas turmas fora do período experimental

A análise estatística realizada pelo programa *Statistic*, utilizando o teste de Fisher, mostrou que não houve diferença significativa entre as notas médias obtidas por cada uma das turmas. Isto indica que ambas tiveram um desempenho semelhante nas avaliações realizadas fora do período experimental, e podem ser consideradas equivalentes para as análises do experimento.

Durante o período em que o experimento foi desenvolvido, foram atribuídas 8 notas para cada estudante, a partir dos trabalhos realizados em sala de aula. Calculando-se a média das notas obtidas pelos estudantes, foram obtidas 8 notas para cada turma, apresentadas na tabela 4.3.

	Turma A	Turma B
M_1	7,1	9,5
M_2	8,4	9,2
M_3	8,2	7,7
M_4	4,6	9,0
M_5	7,5	8,3
M_6	6,1	5,7
M_7	7,5	8,6
M_8	4,6	2,5
Média das Médias	6,8	7,6

Tabela 4.3. Notas médias obtidas pelas turmas durante o período experimental.

Tratamento Estatístico 2 - Análise de Variância

- Quadro de ANOVA - Delineamento em Blocos Completos
- Tratamento T_A e T_B
- Blocos M_1 a M_8

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados Médios	Variável de Fisher	Probabilidade
Tratamento	1	2,6406	1,3617	0,2815
Blocos	7	5,9149	3,0502	0,0822
Resíduo	7	1,9392	—	—
Total	15	—	—	—

Tabela 4.4. Resultados do tratamento estatístico das notas médias obtidas pelas turmas durante o período experimental

A análise estatística realizada pelo programa *Statistic*, utilizando novamente o teste de Fisher, mostrou que não houve diferença significativa entre as médias de cada turma obtidas no período em que o experimento foi desenvolvido.

Deste modo, conclui-se que o desempenho obtido nestas avaliações pela turma que utilizou o *courseware* foi semelhante ao da turma em que o mesmo não foi utilizado. Embora o tipo de avaliação realizada não tenha permitido evidenciar neste caso nenhuma vantagem adicional da utilização da hiperídia em relação aos métodos utilizados no grupo de controle, mostrou que a hiperídia é uma alternativa válida e viável no processo de ensino e aprendizagem de Física no ensino médio.

Isto não significa, entretanto, que os resultados da aprendizagem tenham sido idênticos, pois as observações realizadas em sala de aula pelo professor e o questionário de opinião dos

estudantes revelam aspectos da utilização da hipermissão que não aparecem considerando-se apenas as notas obtidas.

4.3.3. Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o uso da Hipermissão no Curso de Física

A partir das respostas às questões do *Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o uso da Hipermissão no Curso de Física*, pelos estudantes que utilizaram o *courseware Gravitação Universal*, foi possível elaborar a tabela 4.5, com frequências e porcentagens.

		CONCORDO		SOU INDIFERENTE		DISCORDO		NÃO RESPONDEU	
Item	Polaridade	F	%	F	%	F	%	F	%
1.	-	6	24%	5	20%	14	56%	0	0%
2.	+	21	84%	0	0%	4	16%	0	0%
3.	+	21	84%	1	4%	3	12%	0	0%
4.	+	19	76%	2	8%	3	12%	1	4%
5.	-	15	60%	3	12%	7	28%	0	0%
6.	+	14	56%	4	16%	7	28%	0	0%
7.	-	6	24%	3	12%	15	60%	1	4%
8.	-	6	24%	4	16%	15	60%	0	0%
9.	-	4	16%	6	24%	15	60%	0	0%
10.	-	1	4%	2	8%	22	88%	0	0%
11.	-	2	8%	4	16%	19	76%	0	0%
12.	+	20	80%	5	20%	0	0%	0	0%
13.	-	8	32%	4	16%	12	48%	1	4%
14.	-	5	20%	3	12%	16	64%	1	4%
15.	-	5	20%	6	24%	14	56%	0	0%
16.	+	16	64%	6	24%	3	12%	0	0%
17.	+	15	60%	4	16%	5	20%	1	4%
18.	+	20	80%	1	4%	4	16%	0	0%
19.	+	13	52%	9	36%	3	12%	0	0%
20.	+	18	72%	0	0%	7	28%	0	0%
21.	+	20	80%	1	4%	4	16%	0	0%
22.		7	28%	4	16%	14	56%	0	0%
23.	-	6	24%	8	32%	11	44%	0	0%
24.	-	3	12%	8	32%	14	56%	0	0%
25.	+	9	36%	6	24%	10	40%	0	0%
26.	+	20	80%	1	4%	4	16%	0	0%
27.	+	12	48%	9	36%	4	16%	0	0%
28.	-	6	24%	7	28%	12	48%	0	0%
29.	+	18	72%	4	16%	3	12%	0	0%
30.	-	6	24%	6	24%	13	52%	0	0%
31.	+	18	72%	4	16%	3	12%	0	0%
32.	-	2	8%	3	12%	19	76%	1	4%
33.	+	20	80%	2	8%	3	12%	0	0%
34.		21	84%	1	4%	3	12%	0	0%

Tabela 4.5. Respostas ao Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o uso da Hipermissão no Curso de Física.



Para cada item, considerou-se o número de alunos (*I'*) que assinalou cada uma das opções: *Concordo*, *Sou Indiferente* ou *Discordo*, ou que não respondeu à questão, incluindo as respectivas porcentagens (%).

A polaridade de cada questão foi indicada na segunda coluna. Quando positiva, a concordância com a questão expressa uma opinião favorável ao *courseware* e sua utilização, e a discordância expressa uma opinião desfavorável. Quando negativa, a concordância com a questão expressa uma opinião desfavorável ao *courseware* e sua utilização, e a discordância expressa uma opinião favorável.

Em uma análise da tabela 4.5, excluindo-se os itens 22 e 34, pode-se constatar que em 29 dos 32 itens restantes, mais de 48% dos estudantes registrou respostas favoráveis ao *courseware*.

A partir da tabela 4.5 foi possível obter a tabela 4.6, com o índice de aprovação dos estudantes relativo à utilização da hipermídia no curso de Física, considerando-se o percentual de respostas favoráveis, indiferentes ou desfavoráveis ao emprego do *courseware Gravitação Universal*. No cálculo realizado, observou-se a polaridade de cada questão. Para a obtenção destes percentuais, foram excluídos os itens 22 e 34, que não são favoráveis ou desfavoráveis ao *courseware* em si.

Favorável	Indiferente	Desfavorável	Sem Resposta
64%	16,4%	18,9%	0,7%

Tabela 4.6. Índice de aprovação quanto à utilização da hipermídia no curso de Física pelos estudantes.

Constata-se a partir desta tabela um índice de aprovação da utilização da hipermídia no curso de Física com o *courseware Gravitação Universal* de 64%, e um índice de desaprovação de apenas 18,9%. A maioria dos estudantes procurou se posicionar em suas respostas, resultando em um índice de indiferença de apenas 16,4%. Isto indica que houve uma boa aceitação do *courseware* e da utilização da hipermídia por parte dos estudantes.

A análise quanto à aprovação do *courseware* também pode ser realizada considerando-se três categorias distintas em que podem ser agrupados os itens do questionário:



1) Aspectos técnicos do *courseware*, relacionados à sua estrutura e funcionamento.

Nesta categoria encontram-se os itens: 1, 12, 24, 30, 31, 32.

Favorável	Indiferente	Desfavorável	Sem Resposta
65,3%	20,7%	13,3%	0,7%

Tabela 4.7. Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos técnicos do *courseware*.

2) Possibilidade de aprendizagem com apoio do *courseware*. Nesta categoria encontram-se os itens: 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 23, 25, 26, 27, 28, 29.

Favorável	Indiferente	Desfavorável	Sem Resposta
54,8%	20,8%	23,7%	0,7%

Tabela 4.8. Índice de aprovação dos estudantes quanto à possibilidade de aprendizagem com apoio do *courseware*.

3) Aspectos motivacionais e lúdicos do *courseware*. Nesta categoria encontram-se os itens: 2, 3, 4, 10, 11, 17, 18, 20, 21, 33.

Favorável	Indiferente	Desfavorável	Sem Resposta
78%	6,8%	14,4%	0,8%

Tabela 4.9. Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos motivacionais e lúdicos do *courseware*.

Com base nesta análise, pode-se observar que o maior índice de aprovação dos estudantes quanto ao *courseware* ocorreu em relação aos aspectos motivacionais e lúdicos (78%). Este fato ressalta a atuação do *courseware* no sentido de despertar a atenção e o interesse dos estudantes e tornar as aulas mais divertidas, motivadoras, alegres e agradáveis.

A aprovação quanto os aspectos técnicos do *courseware* e a possibilidade de aprendizagem com apoio do mesmo também foram significativas (65,3% e 54,8%, respectivamente). O índice de desaprovação quanto ao *courseware* não foi maior do que 23,7% em qualquer aspecto.

Isto evidencia que os estudantes de modo geral não consideraram difícil a utilização do *courseware*, a navegação pelo mesmo e localização dos assuntos, indicando que não houve problemas relevantes de desorientação no hiperdocumento. A maior parte dos estudantes apreciou o ambiente de navegação e o *lay-out* do *courseware*, e considerou ainda que os *links* estabelecidos no hiperdocumento foram um apoio relevante para perceber as ligações entre os temas e conceitos abordados no *courseware*, não acarretando problemas significativos de sobrecarga cognitiva.

Outro ponto evidenciado na análise foram as possibilidades do *courseware* para a aprendizagem, apoiando o entendimento dos conteúdos e a elaboração do raciocínio, favorecendo a ampliação da visão de conjunto dos estudantes quanto aos temas estudados e contribuindo para a resolução de problemas, com a utilização dos recursos da hipermídia, proporcionando uma aprendizagem significativa.

Não consideramos os itens 22 e 34 na análise da aprovação dos estudantes quanto ao *courseware* porque os mesmos não são favoráveis ou desfavoráveis ao *courseware* em si, pois se referem à sua utilização de modo independente pelos estudantes, sem o apoio e orientação do professor. A proposta do *courseware* foi feita objetivando sua utilização como um instrumento de apoio ao trabalho desenvolvido pelo professor, e os itens foram incluídos no questionário para avaliar a opinião dos estudantes quanto a isto.

Verificou-se que 56% dos estudantes considerou que não poderia aprender sozinho tudo o que precisava com a utilização do *courseware* (questão 22) e 84% dos estudantes considerou importante a presença do professor para o entendimento dos conteúdos existentes no *courseware* (questão 34). Estas respostas reforçam a condição do *courseware* enquanto instrumento educacional que não dispensa a atuação do professor junto aos estudantes, para a obtenção de um melhor aproveitamento de suas possibilidades educacionais.

O fato de 60% dos estudantes terem concordado com o item 5 do questionário ("Até hoje não aprendi quase nada usando o computador nas aulas de Física"), pode ter ocorrido devido ao pouco tempo de contato com o *courseware*: dez aulas, sem possibilidade de uso do *courseware* além do horário das aulas. Um dos estudantes fez explicitamente esta observação na folha do questionário.

Seria necessário estudar mais detalhadamente como os estudantes compreenderam a questão, ou seja, o que consideram como sendo um aprendizado efetivo. Não lhes foi exigida a memorização dos conteúdos estudados, e a avaliação da aprendizagem ocorreu a partir dos trabalhos realizados em sala de aula. Um dos estudantes registrou por escrito no questionário que sentiu falta de uma exigência maior por parte do professor quanto ao desempenho dos alunos, o que pode ter influenciado os resultados obtidos nas respostas relativas às questões de aprendizagem.



As respostas ao item 8 ("Nas aulas de Física com computador não se aprende nada"), entretanto, mostra discordância de 60% dos estudantes, indicando que alguma aprendizagem realmente ocorreu com a utilização do *courseware*.

Isto é reforçado pelas respostas nos demais itens referentes à aprendizagem, com mais de 48% dos alunos favoráveis ao *courseware* nos itens 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 23, 26, 27, 28, 29, que abordam questões relevantes tais como: apoio do *courseware* ao desenvolvimento do raciocínio; capacidade de lembrar os conteúdos estudados; compreensão das aulas pelo computador; ampliação dos conhecimentos sobre a Física; compreensão dos textos apresentados no *courseware*; apoio do *courseware* à resolução dos problemas; modificação dos próprios conhecimentos; facilitação da aprendizagem com a utilização do *courseware*.

Os resultados da aferição da aprendizagem realizada a partir das atividades e trabalhos desenvolvidos em sala de aula - com média das notas da turma de 6,8 - também indicam que os estudantes se dedicaram ao estudo dos conteúdos durante o período em que estiveram em contato com o *courseware*.

Não foi objetivo do trabalho uma avaliação profunda da aprendizagem com a utilização da hipermídia, que envolveria a realização de estudos por um período mais amplo, e a realização de um conjunto de testes mais adequados para a obtenção de maiores detalhes sobre a aprendizagem, incluindo o desenvolvimento de novas técnicas específicas para a avaliação da hipermídia. Isto poderá ser realizado em outras pesquisas especialmente desenvolvidas com esta finalidade.

O item 25 do questionário ("O *courseware* de Física explica bem aquilo que eu quero saber sobre Física") obteve concordância de somente 36% dos estudantes, e discordância de 40%, enquanto 24% foi indiferente à questão. Talvez o baixo percentual de concordância obtido esteja associado ao modo como a questão foi elaborada, que depende do que o estudante deseja saber sobre Física e não está necessariamente incluído no *courseware*.

Este ponto poderia ser melhorado se houvesse uma pesquisa prévia com um grupo de estudantes para coletar suas preferências no estudo de um determinado tema, oferecendo um conjunto de opções válidas para o trabalho educacional que os mesmos poderiam escolher, para então estruturar o sistema hipermídia.

4.3.4. Ficha de Avaliação do Courseware Hipermídia Gravitação Universal

A Ficha de Avaliação do Courseware Hipermídia Gravitação Universal (FAC) foi respondida por seis avaliadores, dos quais três eram professores de Física do ensino médio; um era professor de Física do ensino superior; e três eram professores de Física com atuação no ensino médio e no ensino superior.

As respostas aos 24 primeiros itens da FAC foram reunidas na tabela 4.6, com o número (*F*) e porcentagem (%) de avaliadores que assinalou cada uma das alternativas: *Concordo Muito (CM)*; *Concordo (C)*; *Discordo (D)*; *Discordo Muito (DM)*; *Não se Aplica (NA)* ou que não responderam à questão (*NR*).

	CM		C		D		DM		NA		NR	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
1.	5	83,3%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
2.	5	83,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	16,7%
3.	5	83,3%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
4.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
5.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
6.	4	66,6%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%	1	16,7%
7.	6	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
8.	5	83,3%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
9.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
10.	3	50%	3	50%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
11.	3	50%	3	50%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
12.	4	66,6%	1	16,7%	0	0%	1	16,7%	0	0%	0	0%
13.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
14.	2	33,3%	3	50%	0	0%	0	0%	0	0%	1	16,7%
15.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
16.	4	66,6%	1	16,7%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%
17.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
18.	0	0%	0	0%	6	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19.	3	50%	3	50%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
20.	5	83,3%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
21.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
22.	5	83,3%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
23.	4	66,6%	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
24.	5	83,3%	1	16,7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Tabela 4.10. Respostas aos 24 primeiros itens da Ficha de Avaliação do Courseware Hipermídia Gravitação Universal

Verifica-se a partir da tabela 4.10 que a maior parte dos avaliadores assinalou que concordava muito ou concordava com os itens da FAC. Somente houve discordância significativa no item 18, no qual há a afirmação de que as atividades desenvolvidas com o *courseware* não poderiam ser facilmente desenvolvidas por outros meios.

Para analisar os resultados obtidos com a FAC, definiu-se um Índice de Concordância, que pode ser aplicado aos itens da FAC como um todo, ou para cada uma das categorias em separado (conteúdo, qualidade técnica e qualidade instrucional), utilizando-se a expressão:

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^N k_i \cdot E_i}{4 \cdot \sum_{i=1}^N k_i}$$

Nesta expressão:

i - representa as respostas a cada item da FAC considerado no cálculo.

E - representa os escores (1, 2, 3, e 4) atribuídos para as respostas (DM, D, C e M, respectivamente) dadas a cada item (NA e NR recebem o escore 0).

k - representa o número de avaliadores que assinalaram uma dada resposta em um item.

N - representa o número total de respostas da FAC consideradas no cálculo (número de itens considerados multiplicado por 6).

Aplicando-se esta expressão aos 24 itens da FAC (N = 144), obtém-se um Índice de Concordância de 88,5% para o *courseware*. Aplicando-se a expressão separadamente aos itens relativos ao conteúdo (4 itens, N = 24), qualidade instrucional (14 itens, N = 84) e qualidade técnica (6 itens, N = 36), resulta o Índice de Concordância de 91,7%, 85,7% e 93% respectivamente.

Conteúdo	Qualidade Instrucional	Qualidade Técnica
91,7%	85,7%	93%

Tabela 4.11. Índices de Concordância para cada categoria considerada na FAC.

Os resultados obtidos na análise da FAC indicam que houve uma apreciação favorável dos avaliadores quanto ao conteúdo, qualidade instrucional e qualidade técnica do *courseware*.

A opinião final dos avaliadores sobre o *courseware*, obtida a partir do item 25 da FAC, que questionava se o professor usaria e recomendaria o uso do *courseware* Gravitação Universal sem restrições, se só usaria ou recomendaria se fossem feitas certas modificações, ou se não usaria nem recomendaria, foi reunida na tabela 4.12. A tabela mostra que 100% dos avaliadores usaria ou recomendaria o *courseware* Gravitação Universal, indicando que o mesmo possui boa aceitação entre os professores.



	Usaria ou recomendaria com pequenas ou nenhuma modificação		Usaria ou recomendaria com certas modificações		Não usaria nem recomendaria	
	F	%	F	%	F	%
25.	6	100%	0	0%	0	0%

Tabela 4.12. Respostas dos avaliadores ao item 25 da FAC.

Dentre os aspectos mais fortes do *courseware* apontados pelos avaliadores, podem ser destacados:

- Apresenta elementos de multimídia que motivam o aprendizado, como um recurso didático avançado.
- Apresenta bons conceitos históricos.
- Apresenta clareza didático-pedagógica na abordagem dos assuntos.
- Constitui um recurso metodológico e didático moderno e avançado.
- Desenvolve a criatividade e o autodidatismo.
- É ricamente ilustrado.
- Facilita a aprendizagem.
- Motiva o estudante, despertando o interesse pela disciplina.
- O estudante tem acesso a textos complementares, possibilitando a expansão do seu conhecimento.
- Orienta o usuário por meio de textos elucidativos e apresenta problemas relevantes.
- Permite que cada aluno estude em ritmo e horário próprios.
- Possibilita ampliar a velocidade de estudo dos conteúdos.
- Possibilita menor desgaste do professor, que não precisa falar e escrever o tempo todo.
- Possibilita que a aula fique mais versátil e interessante.
- Possui figuras bem elaboradas.

Dentre os aspectos mais fracos do *courseware* apontados pelos avaliadores, podem ser relacionados:

- Exige computadores de boa qualidade para seu funcionamento correto, que nem sempre são encontrados nas escolas.
- Pode levar os alunos à distração com brincadeiras que prejudicam o estudo do conteúdo proposto, exigindo a intervenção do professor para evitá-las.



Os avaliadores analisaram o potencial que o *courseware* apresenta nas situações de ensino e aprendizagem considerando que o mesmo:

- Fornece estímulo adicional aos estudantes com maior facilidade de aprendizagem e possibilita àqueles que apresentam maior dificuldade uma visualização dos fenômenos que dificilmente o professor conseguiria proporcionar apenas com o livro-texto ou o quadro-negro.

- Pode possibilitar um nível de aprendizagem maior que os métodos tradicionais.
- Pode ser utilizado em conjunto com explicações do professor em sala de aula.
- Pode ser utilizado em situações de ensino à distância e como apoio em cursos ministrados via *Internet*.

- Possibilita que o aluno estude em seu próprio ritmo, sem ter que seguir o padrão da turma, que pode ser mais lento que o seu.

- Possui material que pode apoiar cursos sobre outros conteúdos além do tópico Gravitação Universal.

Como possíveis contribuições desta pesquisa para a área educacional, podem ser destacadas:

1) Avaliação da hipermedia no processo de ensino e aprendizagem de Física no ensino médio, evidenciando alguns dos potenciais, possibilidades e dificuldades que esta tecnologia oferece, a partir de uma experiência concreta desenvolvida em sala de aula.

2) Desenvolvimento de um projeto piloto que pode fornecer referências para futuros trabalhos utilizando a hipermedia no ensino de outros tópicos da Física além da Gravitação Universal, com base nos resultados das pesquisas em ensino de Ciências, ou mesmo em outras disciplinas, pois ainda são escassas as opções de softwares para o ensino no Brasil.

3) Elaboração de um aplicativo hipermedia para o ensino da Gravitação que, pela abordagem pedagógica utilizada, pode contribuir para a ampliação do entendimento da Física enquanto ciência e suas relações com a tecnologia, sociedade, História e Filosofia. Além de sua utilização no ensino médio, o *courseware* pode também contribuir para o ensino no primeiro ano de cursos de ensino superior de Ciências Exatas ou ainda nos cursos de licenciatura em Ciências, trazendo benefícios para o entendimento de conceitos e métodos da ciência e da educação para os professores em formação.



5. CONCLUSÃO

O foco desta investigação concentrou-se na avaliação das possibilidades que a hipermissão oferece para o processo de ensino e aprendizagem da Física no ensino médio. Neste sentido, verificou-se que esta nova tecnologia da informação apresenta grande potencial para o desenvolvimento de atividades na área educacional, contribuindo para tornar a aprendizagem mais motivadora e significativa, mediante os recursos audiovisuais e a capacidade de propiciar o estabelecimento de conexões entre conceitos de modo rápido e eficiente.

Verificou-se que os métodos utilizados na pesquisa forneceram resultados coerentes e compatíveis entre si, como é possível constatar comparando-se as respostas ao questionário de opinião dos estudantes, as observações realizadas pelo professor em sala de aula, a avaliação do *courseware* realizada pelos professores avaliadores, e as notas médias obtidas pelos estudantes nos trabalhos desenvolvidos em sala de aula.

Como possíveis contribuições desta pesquisa para a área educacional, podem ser destacadas:

- 1) Avaliação da hipermissão no processo de ensino e aprendizagem de Física no ensino médio, evidenciando alguns dos potenciais, possibilidades e dificuldades que esta tecnologia oferece, a partir de uma experiência concreta desenvolvida em sala de aula.
- 2) Desenvolvimento de um projeto piloto que pode fornecer referências para futuros trabalhos utilizando a hipermissão no ensino de outros tópicos da Física além da Gravitação Universal, com base nos resultados das pesquisas em ensino de Ciências, ou mesmo em outras disciplinas, pois ainda são escassas as opções de *softwares* para o ensino no Brasil.
- 3) Elaboração de um aplicativo hipermissão para o ensino da Gravitação que, pela abordagem pedagógica utilizada, pode contribuir para a ampliação do entendimento da Física enquanto ciência e suas relações com a tecnologia, sociedade, História e Filosofia. Além de sua utilização no ensino médio, o *courseware* pode também contribuir para o ensino no primeiro ano de cursos do ensino superior de Ciências Exatas ou ainda nos cursos de licenciatura em Ciências, trazendo benefícios para o entendimento de conceitos e métodos da ciência e da educação para os professores em formação.



Constituíram limitações do método utilizado nesta pesquisa o pouco tempo de contato dos estudantes com o *courseware* e sua utilização em apenas uma turma do ensino médio, dificultando uma análise mais ampla do ensino e aprendizagem com a utilização da hipermídia.

A existência de mais turmas envolvidas com o projeto, utilizando a hipermídia por vários meses seguidos, possibilitaria a obtenção de dados mais confiáveis e a eliminação de variáveis intervenientes, tais como um possível entusiasmo inicial diante de uma nova tecnologia, ou mesmo a suposição dos estudantes de tratar-se apenas de uma atividade temporária, que por seu caráter lúdico não apresentaria o mesmo nível de exigência quanto ao seu desempenho que as demais atividades educacionais realizadas. Estes aspectos poderão ser considerados em futuros trabalhos visando ao aprofundamento da compreensão quanto às questões de ensino e aprendizagem relacionadas à hipermídia.

5.1. Recomendações Metodológicas

O *courseware Gravitação Universal* apresenta recursos e materiais instrucionais compatíveis com os princípios do ensino e aprendizagem construtivista de Física mas, por si só, não garante que esta proposta seja efetivamente implementada. O papel do professor é essencial no desenvolvimento das atividades educacionais segundo os princípios desta abordagem.

Enquanto instrumento de apoio ao trabalho do professor, o *courseware* pode ser utilizado em conjunto com outros materiais instrucionais e aplicando-se diversas estratégias de ensino e aprendizagem definidas pelo professor.

Com base nos estudos desenvolvidos nesta pesquisa, propõe-se as seguintes atividades, dentre outras possíveis, para exemplificar como o professor pode orientar a utilização do *courseware* pelos estudantes, com base no construtivismo:

1) Sugestão de trilhas pelo *courseware*, incluindo a livre exploração pelos estudantes de *links* relacionados ao tema de estudo central de cada trilha, possibilitando o estabelecimento de novos conceitos com a integração do material disponibilizado no *courseware* na estrutura cognitiva. Isto contribui para que os estudantes criem associações e interpretações pessoais da informação ao navegar pelo hiperdocumento, e também o surgimento de situações de conflito cognitivo, quando os estudantes são levados a questionar suas próprias concepções na exploração de determinadas idéias.



2) Resolução dos problemas propostos no *courseware*, instigando o desenvolvimento cognitivo e o aprofundamento da compreensão dos conceitos em estudo e posterior discussão dos pontos essenciais envolvidos em cada problema.

3) Proposta de questões aos estudantes a partir do material explorado no *courseware*, contribuindo para sua reflexão, possibilitando evidenciar o que os mesmos conhecem a respeito de um tema, incluindo suas concepções alternativas e fornecendo subsídios para o estabelecimento de novas atividades e o favorecimento do processo de mudança conceitual.

4) Sugestão de novas trilhas pelo *courseware*, após o debate de questões propostas sobre um tema, objetivando completar lacunas no entendimento e reforçar os elementos para haver mudança conceitual. Podem ser explorados, por exemplo, materiais que evidenciem os pontos fortes das novas concepções e os pontos fracos das antigas concepções.

5) Além da navegação pelo *courseware*, podem ser feitos acessos a *sites* da *Internet* relacionados aos temas de estudo e consultados CD-ROMS, livros, revistas, jornais e enciclopédias para a complementação dos estudos e pesquisas realizadas no *courseware*, fornecendo recursos adicionais as atividades em sala de aula e intensificando as possibilidades para a aprendizagem incidental.

Para exemplificar esta metodologia, considere-se as seguintes etapas, em que o percurso de uma trilha é sugerido pelo professor, que propõe questões aos estudantes, debate as principais idéias relacionadas e sugere outras trilhas para completar o estudo de determinados conceitos, estimulando também a exploração dos *links* que surgem em cada trilha:

1) Leitura do texto introdutório do módulo *Lei da Gravitação Universal*, que apresenta o conceito de força gravitacional e possui *links* com diversos temas ligados à Teoria da Gravitação, tais como as pesquisas de Newton e Einstein em gravitação, o desenvolvimento histórico do conceito de campo gravitacional, a formação do sistema solar, a descoberta do planeta Netuno, o envio de sondas espaciais, a Teoria do Big Bang e a Teoria da Relatividade Geral.

2) Acesso ao tópico *Campo Gravitacional*, em que o conceito de campo gravitacional é desenvolvido, levando também a *links* com os temas buracos negros, formação do sistema solar, evolução do conceito de campo gravitacional e um problema sobre a ação do campo gravitacional na superfície do planeta Terra.

3) Acesso ao tópico *Evolução do Conceito de Campo Gravitacional*, que fornece uma visão histórica do desenvolvimento do conceito de campo gravitacional e da Teoria da



Gravitação, apresentando *links* com as biografias de Aristóteles, Brahe, Copérnico, Galileu, Newton e Einstein, que contribuíram para a formulação da Teoria da Gravitação.

4) Proposta de questões aos estudantes, tais como:

- Pode o conhecimento científico ser considerado como definitivo, ou seja, como algo pronto e acabado?

- As idéias e pesquisas de outros pesquisadores possuem alguma importância para o trabalho do cientista?

5) Estímulo às respostas dos estudantes e debate das principais idéias expostas, com base nos textos trabalhados. Considerando as questões sugeridas acima, por exemplo, pode-se ressaltar o processo de construção gradativa do conhecimento científico, representando a melhor compreensão da realidade atingida até um determinado momento, com a participação de diversos cientistas com trabalhos inter-relacionados.

6) Acesso ao módulo *História da Ciência* e leitura do texto *Modelos do Universo*, que permite aprofundar a idéia de evolução dos modelos científicos e as motivações para as mudanças nas explicações científicas, apresentando *links* com as biografias de Aristarco de Samos, Ptolomeu, Copérnico, Kepler, Bruno e Galileu, e textos sobre a primeira e a segunda das leis de Kepler. Este texto, por sua vez, permite formular novas questões e motivar o estudo de novos temas.

A partir destas trilhas iniciais o professor pode indicar outros *links* para a exploração pelos estudantes, segundo o seu planejamento dos conceitos que devem ser trabalhados. Estas etapas podem demandar algumas aulas para ser completadas e evidenciam a possibilidade de construir o conhecimento de modo natural a partir de uma rede de idéias interassociadas.

Algumas questões interessantes para o aprofundamento da reflexão quanto aos temas estudados podem ser incluídas em uma versão posterior do *courseware*, ao final de determinados textos, ou em uma tela acessível a partir do menu principal da tela introdutória de um módulo.

Os estudos realizados nesta pesquisa possibilitam propor também as seguintes estratégias, dentre outras possíveis, para exemplificar como a avaliação da aprendizagem com apoio do *courseware* pode ser realizada, considerando a proposta construtivista:



1) Contribuição de cada estudante para a dinâmica de sala de aula, com o compartilhamento de temas e questões levantados na exploração do *courseware* e participação nos debates promovidos pelo professor.

2) Trabalhos de síntese a partir do material estudado, exigindo reelaboração pelo estudante a fim de identificar os conceitos fundamentais e expressar a idéia central de um texto com suas próprias palavras.

3) Entrega da solução dos problemas do *courseware*, que evidenciam a capacidade de compreensão e aplicação dos conceitos estudados.

4) Introdução de dispositivos para o registro dos *links* estabelecidos e trilhas percorridas pelos estudantes no *courseware*, que podem ser avaliados pelo professor. Isto requer o aperfeiçoamento do *courseware*, para que o registro seja feito de modo automatizado.

5) Avaliações escritas com problemas e questões enfocando as relações entre os diversos assuntos estudados e para avaliar a ocorrência de mudança conceitual, incluindo a compreensão quanto à natureza da ciência e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Estas recomendações metodológicas foram incluídas em um *Manual do Courseware Gravitação Universal*, destinado a orientar os professores sobre a utilização do *courseware* segundo princípios construtivistas.

Este manual reúne também informações sobre as idéias básicas do construtivismo cognitivista e o emprego da História da Ciência e das relações entre ciência, tecnologia e sociedade no ensino de Física, indicando os principais conceitos que o *courseware* possibilita trabalhar e associando questões fundamentais em determinados textos e problemas disponibilizados no material instrucional.

Este tipo de documentação para acompanhar a distribuição de um *courseware* é de grande relevância, pois contribui para o embasamento do professor que, em muitos casos, não está familiarizado com a abordagem proposta, resultado de recentes pesquisas no ensino de Ciências.

5.2. Implicações Pedagógicas

As aplicações da hipermídia no ensino vêm se intensificando a partir da década de 90 no mundo inteiro, tornando-se de grande importância a realização de novas pesquisas e experimentos para o desenvolvimento das possibilidades oferecidas pela hipermídia e a



avaliação dos impactos desta nova tecnologia na educação, originando novas metodologias para a realização de atividades pedagógicas e a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

Em especial verifica-se a importância do desenvolvimento de novos métodos de ensino e de avaliação da aprendizagem, que apresentem novos critérios de relevância pedagógica considerando as características específicas da hipermídia, tais como o estabelecimento de inter-relações entre conceitos. A utilização de uma nova tecnologia educacional com base em concepções e práticas tradicionais nem sempre possibilita aproveitar os benefícios e possibilidades que a mesma oferece para inovar e aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem. Isto requer a atualização dos professores e a adaptação dos estudantes, e sua predisposição em utilizar e avaliar inovações que possam trazer benefícios à educação.

A hipermídia oferece perspectivas favoráveis para o ensino a distância, pois suas características interativas adaptam-se ao trabalho individual com os estudantes, e o material instrucional pode ser distribuído de modo compacto na forma de aplicativos em CD-ROM ou pela *Internet*.

E também pode, dentre outras possibilidades, ser utilizada no trabalho cooperativo com a associação de computadores em rede e a construção de sistemas hipermídia dinâmicos em equipe; na aprendizagem individual e autodidata; na elaboração de materiais instrucionais pelos professores e no desenvolvimento de trabalhos pelos estudantes, construindo seus próprios sistemas hipermídia; para a atuação na área de educação especial, facultando outras formas de representação e interação para estudantes com dificuldades específicas; e no desenvolvimento de programas de aperfeiçoamento e atualização de professores, de modo contínuo.

A hipermídia, entretanto, não deve ser considerada como uma tecnologia que pode resolver todos os problemas e dificuldades existentes no processo de ensino e aprendizagem, mas sim como um recurso que traz alternativas viáveis para ampliar a qualidade do mesmo, oferecendo possibilidades mais amplas e ricas para os estudantes, favorecendo o aprofundamento da aprendizagem e tornando-a mais agradável e estimulante.

O empenho dos estudantes no processo é insubstituível, pois a aprendizagem é algo que exige esforço e dedicação por parte dos estudantes, independentemente dos meios utilizados, a fim de obter conhecimento e entendimento de conceitos.

Ao professor cabe o papel de atuar na orientação dos estudantes em busca do conhecimento e do aperfeiçoamento enquanto ser humano, explicitando os pontos mais relevantes dos temas de estudo; indicando as maneiras mais produtivas de explorar os recursos educacionais disponíveis aos estudantes; despertando o gosto e o interesse dos estudantes pela ciência; estimulando os potenciais dos mesmos e o desenvolvimento da capacidade de refletir e aprender; e também fornecendo seu exemplo pessoal e compartilhando sua experiência de vida.

Como considera Tchudi (1988:28),

O resultado final dos problemas do hipertexto [hipermídia] não precisa ser um estudante solitário sentado em frente a um terminal solitário de computador. Conforme o hipertexto [hipermídia] se desenvolve, nós continuaremos a necessitar de treinadores - pessoas chamadas professores - para monitorar o que está acontecendo, para guiar os estudantes na exploração de uma diversidade de recursos baseados em computador, para ajudar os estudantes novatos a avaliar o que está sendo disponibilizado a eles. Em resumo, nós continuaremos necessitando de professores de pensamento crítico.

A hipermídia é um instrumento auxiliar no trabalho de professores e estudantes, uma tecnologia da inteligência que pode contribuir para que o professor desenvolva suas aulas de modo mais atraente e eficaz, e o estudante desenvolva suas habilidades de pensamento e sua capacidade de aprender, tornando-se apto a explorar os bancos de dados com o conhecimento humano segundo suas necessidades e interesses, a fim de encontrar soluções para os problemas que enfrenta no dia-a-dia e desenvolver suas próprias idéias e projetos, para ampliar as possibilidades de inter-relação com as pessoas de sua convivência, e para o aprofundamento de sua compreensão quanto a si mesmo e o universo em que está inserido, nesta era da informação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIB, M. L. V. S. *Uma abordagem piagetiana para o ensino de flutuação dos corpos*. Série: textos-pesquisa para o ensino de ciências - No. 2. São Paulo, Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação, 1988.
- AGOSTI, M. Hypertext and information retrieval. *Information Processing & Management*. [s. l.], 29(3): 283 - 285, 1993.
- ATHAYDE, M. I. *Desenvolvimento, aplicação e avaliação de coursewares de física para o 2º grau: uma experiência piloto*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. 184 p. (Tese de Mestrado).
- BABBITT, B. C. & USNICK, V. Hypermedia: a vehicle for connections. *Arithmetic teacher*. April, 1993. p. 430-432.
- BAILEY, D. H. Construtivism and multimedia: theory and application; innovation and transformation. *International Journal of Instructional Media*. [s.l.], 23(2): 161-165, 1996.
- BASTOS, F. Construtivismo e ensino de ciências. *Série: ciência & educação*. Bauru, 1(1):14-28, 1995.
- BIZZO, N. M. V. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em Aberto*. Brasília, 11(55): 29-35, 1992.
- BUSH, V. As we may think. *The Atlantic Monthly*. July, 1945. p. 101-8. (Electronic version prepared by Denys Duchier, April, 1994).
- CAMPOS, F. C. A. *Hipermídia na educação: paradigmas e avaliação da qualidade*. Tese de Mestrado. Rio de Janeiro, COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994. 138 p.



CASTRO, R. S. de & CARVALHO, A. M. P. de. História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Cad. cat. ens. fis.* Florianópolis, 9(3): 225-237, dez. 1992.

KNELLER, G. P. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro, Zahar, 1980.

CARVALHO, A. M. P. et alii. O construtivismo e o ensino de ciências. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ciências na escola de 1o. grau: textos de apoio à proposta curricular*. São Paulo, SE/CENP, 1990, pp. 63-73.

LANGFORD, D. Evaluating a hypertext document. *Adult Proceedings* [s.l.], 45(9): 221-226.

CLUNIE, G. E. T. de & SOUZA, J. M. de. *Hipertecnologias: recursos educacionais*. Publicações Técnicas ES - 340/95. Rio de Janeiro, COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995. 82 p.

_____. *da inteligência, o futuro do pensamento na era da informática*. Trad. Carlos Imenes da Costa. São Paulo, Editora 34, 1996. 206 p. (Coleção TRANS)

CONKLIN, J. Hypertext: an introduction and survey. *IEEE*. September, 1987. p. 17-41.

ELDERMAN, D. Students and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the

DINIZ, R. E. S. Concepções e práticas pedagógicas do professor de ciências. *Série: ciência & educação*. Bauru, 2(1): 2-9, 1996.

LIMA, L. de O. *Mutações em educação segundo machlup*. 6 ed. amp. Petrópolis, Vozes.

FISCHLER, M. A. & FIRSCHEIN, O. *The eye, the brain and the computer*. Reading, Addison-Wesley, 1987. 332 p.

LINDSTROM, R. L. *Give business work para apresentações em multimídia*. Trad. Maria

GALLAGHER, J. J. Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Teaching*. [s.l.], 75(1): 121-133, 1991.

LUSTNA, M. W. F. P. *O uso das tecnologias da informática para o desenvolvimento da*

GIL PÉREZ, D. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? (Intento de síntesis a las aportaciones de la investigación didáctica). *Enseñanza de las Ciencias*. [s.l.], 9(1): 69-77, 1991.

NACHADO, M. A. *Ensino de matemática financeira por CBT - uma abordagem*

GUTIERREZ, F. *Linguagem total*; uma pedagogia dos meios de comunicação. São Paulo, Summus, 1978. 106 p.

JONASSEN, D. H. Hypertext principles for text and courseware design. *Educational Psychologist*. [s. l.], 21(4): 269-292, 1986.



- KLOPPER, L. E. The teaching of science and the history of science. *Journal of Research in Science Teaching*. [s. l.], 6 (1): 87-95, 1969.
- KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro, Zahar, 1980.
- LACY, M. J. & WOOD, K. A model of an expanded-frame hypermedia knowledge-base for instruction. *International Journal of Instructional Media*. [s.l.], 20(3): 207-212, 1993.
- LANGFORD, D. Evaluating a hypertext document. *Aslib Proceedings*. [s.l.], 45(9): 221-226, 1993.
- LÉVY, P. *As tecnologias da inteligência; o futuro do pensamento na era da informática*. Trad. Carlos Irineu da Costa. São Paulo, Editora 34, 1996. 208 p. (Coleção TRANS).
- LEDERMAN. Students' and teachers' conceptions os the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*. [s.l.], 29(4): 331-359, 1992.
- LIMA, L. de O. *Mutações em educação segundo machuhan*. 6. ed. amp. Petrópolis, Vozes, 1973. 64 p.
- LINDSTROM, R. L. *Guia business week para apresentações em multimídia*. Trad. Eliane Bueno Freire. São Paulo, MAKRON Books, 1996. 485 p.
- LUCENA, M. W. F. P. *O uso das tecnologias da informática para o desenvolvimento da educação*. Publicações Técnicas ES - 301/94. Rio de Janeiro, COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994. 46 p.
- MACHADO, M. A. *Ensino de matemática financeira por cbt - uma abordagem metodológica*. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 184 p. (Tese de Doutorado).
- MACROMEDIA. *Authorware 5 attain; using authorware attain*. Macromedia, San Francisco, 1998. 505 p.



- MARCHIONINI, G. Hypermedia and learning: freedom and chaos. *Educational Technology*. [s.l.], 28(11): 8-12, 1988.
- MORARIU, J. Hypermedia in instruction and training: the power and the promise. *Educational Technology*. [s.l.], 28(11): 17-20, 1988.
- MOREIRA, M. A. *Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos*. São Paulo, Moraes, 1985. 94p.
- MOURÃO, L. Brincando de criar. *PC World*. Rio de Janeiro, 58: 31-44, 1997.
- NARDI, R. História da ciência x aprendizagem: algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre as idéias que evoluem para a noção de campo de força. *Enseñanza de las ciencias*. [s.l.], 12(1): 101-106, 1994.
- NARDI, R. & CARVALHO, A. M. P. A Gênese, a psicogênese e a aprendizagem do conceito de campo: subsídios para a construção do ensino deste conceito. *Cad.Cat. Ens. Fis.* Florianópolis, 7 (Número Especial): 46-69, jun. 1990.
- NISKIER, A. *Tecnologia educacional; uma visão política*. Petrópolis, Vozes, 1993. 182 p.
- NÖTH, Winfried. *Panorama da semiótica; de Platão a Peirce*. São Paulo, Anna Blume, 1995. 154 p.
- OLIVEIRA, R. de. *Informática educativa*. Campinas, Papirus, 1997. 176 p. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).
- PEIRCE, C. S. *Escritos coligidos; seleção de Armando Mora D'Oliveira*. In: Os pensadores. São Paulo, Abril Cultural, 1980. 2. ed. p.1-176.
- _____. *Semiótica*. São Paulo, Perspectiva, [s.d.]. 2. ed. 337 p.
- _____. *Semiótica e filosofia; introdução, seleção e tradução de Octanny Silveira da Mota e Leonidas Hegenberg*. São Paulo, Cultrix, 1975. 2. ed. 164 p.

- PETERSON, N. K. & ORDE, B. J. Implementing multimedia in the middle school curriculum: pros, cons and lessons learned. *T. H. E. Journal*. [s.l.], 22(7): 70-75, 1995.
- PINES, A. L. & WEST, L. H. T. Conceptual understanding and science learning: an interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education*. [s.l.], 70(5): 583-604, 1986.
- POSNER, G. J. et alii. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*. [s.l.], 66(2): 211-227, 1982.
- PRETTO, N. de L. *Uma escola sem/com futuro; educação e multimídia*. São Paulo, Papirus, 1996. 247 p.
- REISMAN, S. & CARR, W. A. Perspectives on multimedia systems in education. *IBM Systems Journal*. [s.l.], 30(3): 280-295, 1991.
- RICH, E. & KNIGHT, K. *Inteligência artificial*. 2. ed. Trad. Maria Cláudia Santos Ribeiro Ratto. São Paulo, Makron Books do Brasil, 1994. 726 p.
- RICHARD, J. *As atividades mentais: compreender, raciocionar, encontrar soluções*. Florianópolis, UFSC, [s.d.]. 404 p.
- RIEBER, L. P. Computer-based microworlds: a bridge between constructivism and direct instruction. *ETR&D*. [s.l.]: 40(1), 93-106, 1992.
- SANCHEZ, M. A. et alii. Concepciones espontaneas de los profesores de ciencias sobre la evaluacion: obtaculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*. [s.l.], 5(2): 18-38, nov. 1992.
- SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. *Cad. cat. ens. fís.* Florianópolis, 6(2): 148-162, ago. 1989.
- SILVEIRA, L. F. B. da. Na origem está o signo. *Trans/Form/Ação*. São Paulo, 14:45-52, 1991.



TCHUDI, S. Invisible thinking and the hypertext. *English journal*. January, 1988. p. 22-30.

TRIVELATO, S. L. F. Ensino de ciências e o movimento CTS. In: FACULDADE DE EDUCAÇÃO - USP. *Caderno de textos - escola de verão - prática de ensino*. Serra Negra e São Paulo, Faculdade de Educação - USP, 1993, p. 145-150.

TROTTER, A. Schools gear up for 'hypermedia' - a quantum leap in eletronic learning. *The American School Board Journal*. [s.l.], 176(3): 35-37, 1989.

VALE, J. M. F. do. Educação científica e sociedade. *Série: ciência & educação*. Bauru, 1(1):6-13, 1995.

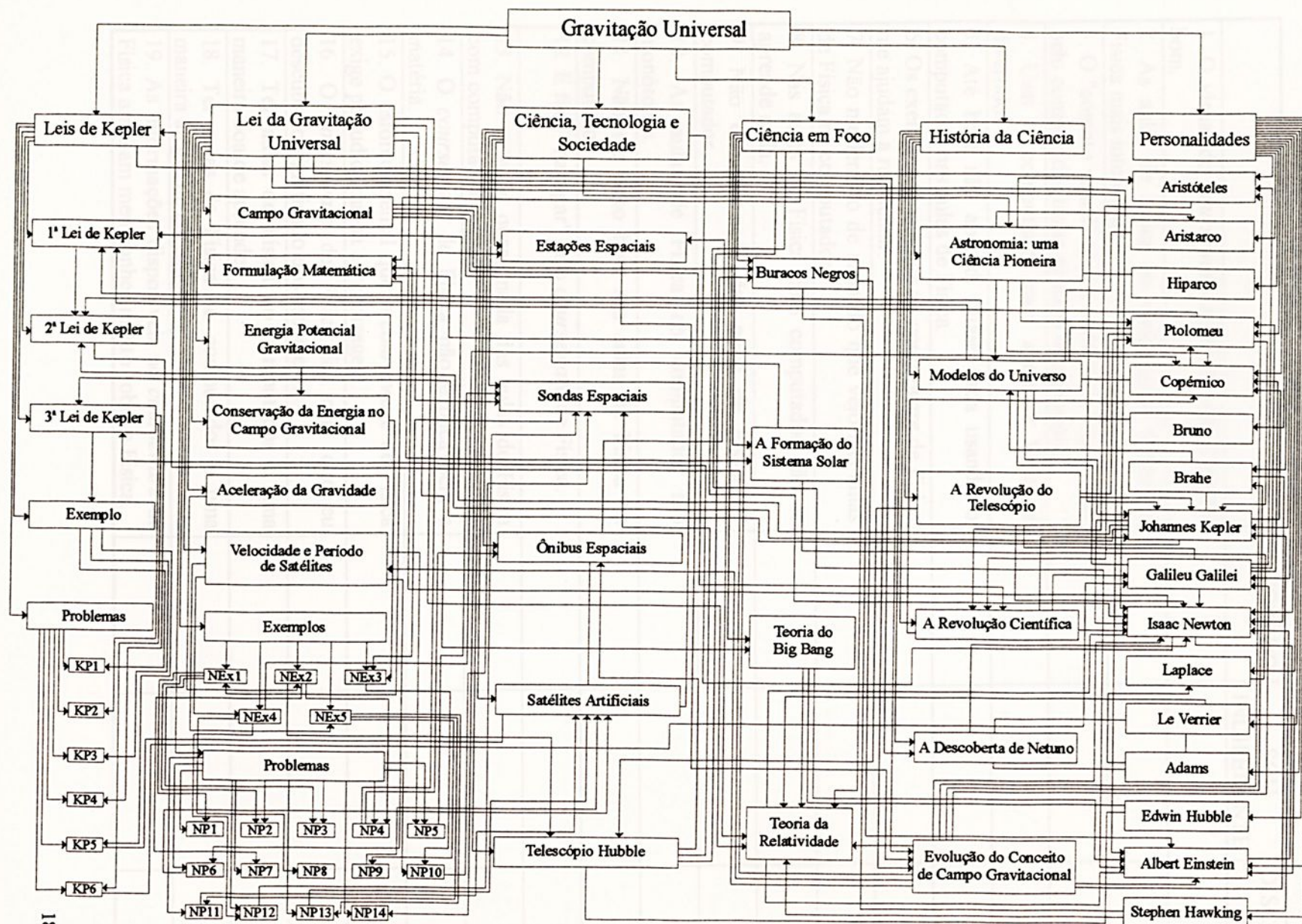
VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de física no brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. *Revista de Ensino de Física*. [s.l.], 6(2): 76-95, dez. 1984.

ZANETIC, J. Ciência, seu desenvolvimento histórico e social - implicações para o ensino. [s.l.:s.n.]. [ca. 1990]. pp. 7-19.



ANEXO I

MAPA DA ESTRUTURA DO COURSEWARE



QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O
USO DA HIPERMÍDIA NO CURSO DE FÍSICA

Para cada afirmação abaixo marque com "X" a opção que melhor demonstre sua opinião:

	CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
1. O visual do <i>courseware</i> de Física não é muito bom.			
2. As aulas de Física no computador tornam a Física mais interessante.			
3. O "contato visual" com a matéria de Física feito pelo computador torna as aulas interessantes.			
4. Usar o computador para aprender Física é divertido.			
5. Até hoje não aprendi quase nada usando o computador nas aulas de Física.			
6. Os exemplos mostrados no <i>courseware</i> de Física me ajudam a raciocinar.			
7. Não me lembro de nada do que vejo nas aulas de Física no computador.			
8. Nas aulas de Física com computador não se aprende nada.			
9. Não entendo nada das aulas de Física no computador.			
10. As aulas de Física no computador são monótonas.			
11. Não me sinto bem nas aulas de Física no computador.			
12. É fácil "navegar" pelo <i>courseware</i> de Física.			
13. Não entendo quase nada das aulas de Física com computador.			
14. O <i>courseware</i> de Física não explica bem a matéria.			
15. O esforço mental que o <i>courseware</i> de Física exige prejudica minha aprendizagem.			
16. O <i>courseware</i> de Física faz com que eu descubra o significado dos fenômenos.			
17. Ter aulas de Física no computador é uma maneira boa de aprender.			
18. Ter aulas de Física no computador é uma maneira alegre de aprender.			
19. As informações disponíveis no <i>courseware</i> de Física ampliam meu conhecimento sobre a Física.			



	CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
20. As aulas de Física no computador despertam minha atenção.			
21. As aulas de Física no computador descontraem a gente.			
22. Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando o <i>courseware</i> de Física.			
23. Não compreendo os textos que são apresentados no <i>courseware</i> de Física.			
24. As ligações existentes entre os assuntos no <i>courseware</i> de Física não acrescentam nada importante ao curso.			
25. O <i>courseware</i> de Física explica bem aquilo que eu quero saber sobre Física.			
26. Os movimentos feitos pelo computador e as dicas dadas por ele me ajudam a resolver os problemas.			
27. As aulas de Física no computador me fazem aprender a raciocinar.			
28. Saio das aulas de Física no computador do mesmo jeito que entrei.			
29. Ver as imagens e os movimentos no <i>courseware</i> de Física facilita a aprendizagem.			
30. O excesso de informação do <i>courseware</i> faz com que eu me perca.			
31. O <i>courseware</i> de Física me ajuda a ver a ligação entre os assuntos estudados.			
32. É difícil encontrar o local em que está um assunto que desejo estudar no <i>courseware</i> de Física.			
33. As aulas de Física no computador são mais interessantes que na sala de aula.			
34. A presença do professor foi importante para o entendimento da matéria apresentada no <i>courseware</i> de Física.			

FICHA DE AVALIAÇÃO
DO COURSEWARE HIPERMÍDIA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

CLASSIFICAÇÃO: Assinale um "X" no item que melhor representa seu julgamento. Use os espaço vazios para seus comentários.

IMPORTÂNCIA: Assinale também um "X" no item que reflete seu julgamento quanto à importância de cada item desta avaliação, levando em conta sua classificação.

ABREVIATURAS USADAS:

PARA A CLASSIFICAÇÃO

- (CM) Concordo Muito
- (C) Concordo
- (D) Discordo
- (DM) Discordo Muito
- (NA) Não se Aplica

PARA A IMPORTÂNCIA

- (M) Muito Importante
- (P) Pouco Importante

AVALIAÇÃO DO COURSEWARE

Itens de Avaliação	Classificação					Importância	
	(CM)	(C)	(D)	(DM)	(NA)	(M)	(P)
Conteúdo							
1. O conteúdo está cientificamente bem fundamentado.							
2. O conteúdo tem validade educacional.							
3. O conteúdo é apresentado livre de estereótipos (racismo, sarcasmo, ironia, etc.).							
4. O conteúdo está de acordo com o currículo para o ensino médio.							
Qualidade Instrucional							
5. O propósito do <i>courseware</i> está bem estabelecido.							
6. Há evidências de que o <i>courseware</i> foi bem sucedido no sentido de alcançar seus propósitos.							
7. O conteúdo é apresentado de forma lógica e clara.							
8. O nível de dificuldade do <i>courseware</i> é apropriado para os usuários a que se destina.							
9. Imagens, animações, cores e sons são usados adequadamente tendo em vista o conteúdo instrucional.							
10. O uso do <i>courseware</i> é motivador.							
11. O <i>courseware</i> estimula efetivamente a criatividade do estudante.							
12. O <i>courseware</i> estimula o raciocínio do estudante.							
13. O <i>courseware</i> facilita ao estudante a percepção de relações entre os assuntos abordados.							
14. <i>Feedback</i> para as respostas do estudante é empregado eficazmente.							
15. O vocabulário está compatível com o nível dos estudantes a que o <i>courseware</i> se propõe.							
16. A instrução está integrada com a experiência prévia do estudante.							
17. A aprendizagem é generalizável para uma série de situações apropriadas.							
18. As atividades desenvolvidas no <i>courseware</i> não poderiam ser facilmente desenvolvidas mediante o emprego de outros meios instrucionais.							
Qualidade Técnica							
19. O estudante pode fácil e independentemente operar o programa.							
20. O professor pode aplicar facilmente o <i>courseware</i> .							
21. O <i>courseware</i> usa apropriadamente capacidades computacionais relevantes.							
22. As ferramentas para a "navegação" pelo <i>courseware</i> são adequadas.							
23. O projeto gráfico e de som do <i>courseware</i> cria um ambiente agradável para o usuário.							
24. O <i>courseware</i> é confiável, ou seja, apresenta poucos problemas, em uso normal.							

25. Assinale apenas uma opção

- () Eu usaria e recomendaria o uso deste *courseware* com pequenas ou nenhuma modificação.
() Eu usaria ou recomendaria o uso deste *courseware* somente se fossem feitas certas modificações.
() Eu não usaria nem recomendaria o uso deste *courseware*.

26. Descreva os aspectos mais fortes do *courseware*.

27. Descreva os aspectos mais fracos do *courseware*.

28. Descreva o potencial de uso do *courseware* nas situações de ensino e aprendizagem.

