

EDER PAULUS MORAES GUERRA

**CONHECENDO A FÍSICA TÉRMICA POR
COMPUTADOR**

EXPERIÊNCIAS

COLEÇÃO ABRINDO TRILHAS PARA OS SABERES

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Francisco Kennedy Silva dos Santos

COMISSÃO ORGANIZADORA

Ana Maria Fontenelle Catrib

César Nilton Maia Chaves

Débora Lúcia Lima Leite Mendes

Estefânia Maria Almeida Martins

Maria Gorete de Góis

Simone Trindade da Cunha

Professor ApreNDIZ 

COLEÇÃO

Abrindo Trilhas
Para os Saberes

EDER PAULUS MORAES GUERRA

**CONHECENDO A FÍSICA TÉRMICA POR
COMPUTADOR**

**FORTALEZA
2009**

Pré-Impressão, Impressão e Acabamento
Gráfica e Editora Regadas Ltda

Direção e Coordenação
Raimundo Fernandes Filho

**Produção Gráfica
Arte e Diagramação**
Reginaldo H. Alexandre

Tiragem
3000 Exemplares

Revisão
Marilene Barbosa Pinheiro

C387c CEARÁ. Secretaria da Educação.
Conhecendo a física térmica por Computador /
Secretaria da Educação; Elaboração Eder Paulus Moraes
Guerra – Fortaleza: SEDUC, 2009.

130p. : il. - (Coleção Abrindo Trilhas para os Saberes)

ISBN: 978-85-62382-02-4

1. Física Térmica. 2. Computador. I. SEDUC. II.
Título

CDD 530
CDU: 530 (813.1)

COLEÇÃO ABRINDO TRILHAS PARA OS SABERES

Esta coleção reúne o melhor do pensamento teórico e crítico sobre a formação do educador e seu trabalho, expondo um leque de questões de grande relevância para o debate sobre a Educação, por meio da diversidade de experiências dos autores que dela participam – professores da Secretaria da Educação (SEDUC).

Trabalhando com duas vertentes básicas, Experiências e Reflexões, os referidos autores focam diferentes temáticas, tais como: Ensinos - Gestão e Planejamento Educacional - Avaliação Educacional – Educação, Currículo e Ensino.

Esperamos, assim, contribuir para a reflexão dos profissionais da Educação e do público em geral, visto que, nesse campo, o questionamento é o primeiro passo na direção da melhoria da qualidade do ensino, o que oferta todos nós.

Francisco Kennedy Silva dos Santos
Coordenador

A Deus, fonte de tudo.
À minha esposa, Herik Zednik, pelo seu
incentivo e compreensão.
Aos meus filhos Kael Victor e Nicolau
Henry.
Aos meus pais, Augusto Tostes e Graça
Guerra.
Aos meus amigos pelo apoio e
companheirismo.

DEDICO

APRESENTAÇÃO

Na qualidade de orientador deste trabalho, que originou o presente livro, seria suspeito se portasse apenas encômios ou lhe exaltasse os resultados, sem quaisquer restrições. Pois, pelo contrário, tanto o autor de uma dissertação como seu orientador, de ordinário, sempre lamentam não terem sido alcançados todos os objetivos colimados no instante de sua concepção prévia ou, ainda, no decurso do seu desenvolvimento.

Na verdade, a interdisciplinaridade a que o título remete refere-se, tão-somente, a uma tentativa parcial de conduzir a aprendizagem e/ou a construção da física térmica, na sala de aula, em termos de uma abertura a temas científicos atuais, afins a outras disciplinas do currículo. Entre esses temas citam-se: **1) Climatologia** (aquecimento global, influência da temperatura de superfície dos oceanos sobre as chuvas no Ceará, “ilhas de calor” nas cidades, a par de outros aspectos relevantes); **2) Biometeorologia** (impactos nos seres vivos em função de variações da temperatura do ar, da umidade e da força do vento); **3) Biomedicina** (termografia, criocirurgia e outras aplicações); **4) Engenharia** (dilatação e retração de estruturas na dependência do calor, etc.).

A rigor, a implantação de tais propostas na prática diária do ensino e aprendizagem, em vários níveis, começando pelo Ensino Fundamental, esbarra em muitos óbices, os quais conspiram para que não se consiga uma interação mais ampla no âmbito de díspares disciplinas, em particular, quanto ao concurso de matérias científicas do currículo, como Matemática, Física, Biologia, Química, Ciências naturais e Geografia e, também, quanto a disciplinas humanísticas, muito em especial no domínio das línguas estrangeiras e maternas. Para o inglês, diga-se de passagem, pensa-se na sua intervenção em atividades, exigindo a compreensão e tradução de material extraído da “Internet”, sobre tópicos de física térmica e aplicações. De fato, tudo isso alcançado, tratar-se-ia da consecução de “interdisciplinaridade forte”.

Contudo, tal “interdisciplinaridade forte” mostra-se ilusória, a menos que se pudesse dar numa escola especialmente concebida para

esse fim. Com efeito, como sabido, de usual, as disciplinas costumam funcionar como estanques. Donde, no caso dos experimentos desenvolvidos por *Eder Paulus* em escolas da rede pública na região norte do Ceará, tratou-se de uma “interdisciplinaridade fraca”, envolvendo a interação de professores das várias turmas de Física, no sentido de entusiasmar os alunos com o trato de temas considerados relevantes, fora dos programas tradicionais e, portanto, capazes de despertar maior interesse pela matéria. A inclusão de aplicações relacionadas ao meio ambiente e ao “tempo”/“clima” (“*weather*”/“*climate*”) foi escolha óbvia, em vista de se tratar de um complexo de assuntos bastante frequentados pela mídia, nas duas últimas décadas.

Entre os óbices, deve-se apontar certo desinteresse de alguns dos docentes que regiam as turmas de Física, felizmente poucos. Porém, mais ainda, por parte de regentes de outras disciplinas, com respeito às quais acabou não se julgando factível uma interação real. Donde ter sido alcançada, tão-somente, o que se designará por “interdisciplinaridade fraca”.

Na verdade, quando se fala em “interdisciplinaridade” ou “multidisciplinaridade”, podem-se considerar vários patamares. No mais alto é como se todas as disciplinas isoladas desaparecessem. Nesse caso, é como se a criação do saber resultasse de um processo interativo levado ao máximo, envolvendo num mesmo amálgama todos seus “atores”. Contudo, difícil imaginar que isso acontecesse, efetivamente, nas nossas escolas. Embora, em teoria, fosse possível no ensino profissional, nos termos da antiga proposta do *Prof. Lauro de Oliveira Lima*, no contexto do ensino médico, publicada há décadas em “Ciência e Cultura”, se bem me recordo.

Sem dúvida, o presente trabalho do *Prof. Eder Paulus* representará um “trampolim” para futuros experimentos, para “saltos” mais ambiciosos. Quero deixar aqui consignado o ingente esforço desse docente de escolas públicas de Sobral-CE. Com efeito, quando cursava as disciplinas básicas, obrigava-se a vir de ônibus para assistir às aulas noturnas, em Fortaleza e, mal terminavam, corria à rodoviária para pegar o transporte da meia-noite e, assim, já estar em

sala de aula na sua escola, a partir da manhã. Finalmente, uma vez encetada sua dissertação, também pegava a estrada para encontros com o orientador, visando discutir o fechamento das consecutivas versões e/ou alguns pontos relativos a trabalhos futuros.

Para concluir, quero registrar algumas observações pertinentes. Primeiro, ser impossível qualquer avanço sem que se disponha de profissionais com formação sólida e ampla. Com efeito, se o professor deve cobrir até a uma soma “ x ” de conhecimentos, precisa conhecer pelo menos “ $3x$ ”, de sorte a conseguir enxergar mais “de cima”, como um pássaro. Em especial, podendo reconhecer o que seja mais importante, no caso da eventual impossibilidade de cumprir todo o programa, por motivos vários. O professor que conhece apenas o “ x ” não terá êxito, seguramente, pela perda óbvia de perspectiva. O pior, o mais das vezes, é que mal conhece “ $0,5x$ ”. Vencer tal “incompetência” é desafio a ser reconhecido e, frontalmente, enfrentado; cursos de treinamento, apressados, não resolvem este problema de base.

Cabe também refletir que, em termos práticos, no que concerne ao tratamento de textos, ainda não existe grande diferença entre o que fazemos, hoje, e o que faziam os babilônios... É certo que, nos dias atuais, é bem mais rápido apagar o que se escreve na tela de um “monitor”, do que aquilo que inscreviam nas suas “tábuas de cera”; que depois, a duras penas e se fosse o caso, transportariam para registro mais durável. Por outro lado, embora especialistas ainda sejam capazes de ler suas inscrições cuneiformes em tijolinhos de argila, “discos duros” da época, nós, praticamente, já perdemos muito do que restou gravado em materiais midiáticos, imprestáveis, empregados nos últimos cinquenta anos e, também, principalmente, pelo concurso de processadores de texto fora de comercialização ou inacessíveis às atuais plataformas.

Outra observação, importante. Aprender sempre exigiu esforço, ou seja, não se aprende brincando, mesmo que se disponha de um computador e, corrijo, aprende-se brincando, mas só quando se gosta de aprender. Donde, o segredo não é ensinar qualquer coisa, mas ensinar a gostar de aprender. Nesse caso, mesmo “burro”, o

computador pode constituir parceiro apreciável, tendo em vista sua velocidade e outros recursos tecnológicos que nos propicia. Ademais, sem dúvida, só se conseguirá avanço apreciável quando cada aluno dispuser do seu computador pessoal e, além disso, bem empregado. A saída para o primeiro desiderato, lembrando nosso caro colega, *Prof. Dr. Mauro de Oliveira*, somente se alcançará com a TV digital e, demais, a um custo social bem mais baixo.

Parabéns à Secretaria da Educação do Ceará - SEDUC pelo esforço para melhorar o ensino, tantas vezes desvirtuado. Porém, sempre necessitando considerar os perigos do mau uso do computador! Por fim, parabéns também ao *Eder Paulus*, que deve ser exemplo a seguir. Agradecimentos aos colegas que participaram das bancas dos sucessivos “Seminários I e II” e da defesa da Dissertação, embora caiba ao próprio, nomeá-los sem que se esqueça dos que lhe trouxeram outros suportes técnico-científicos significativos. Alguém, decerto, irá inquirir sobre o porquê de não se ter falado sobre o “software” anunciado na dissertação, em vista de, raramente, ser a parte mais importante.

Airton Fontenele Sampaio Xavier
Professor Permanente do
MPCOMP – UECE / CEFET

“Devemos encarar o estado presente do Universo como o efeito de seu estado anterior e como da causa daquele que se seguirá.”

(Pierre Simon de Laplace)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1. CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS	18
1.1 Considerações preliminares.....	18
1.2 Interdisciplinaridade e as concepções de Piaget.....	20
1.3 Desenvolvimento da concepção vygotskyana.....	23
1.4 Vygotsky e o ambiente virtual.....	25
1.5 A teoria de Dewey.....	26
2. TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS NO CONTEXTO EDUCACIONAL: O SOFTWARE EDUCATIVO E A HIPERMÍDIA	28
2.1 Tecnologia no contexto educacional.....	28
2.2 Fundamentos da informática educativa.....	30
2.3 Surgimento e caracterização do software educativo.....	33
2.4 Hipermídia e multimídia.....	37
3. MODELAGEM DO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E SUA INTERDISCIPLINARIDADE	39
3.1 O Ensino de física interdisciplinar.....	40
3.2 Interdisciplinaridade no Ensino Médio.....	42
3.3 Desenvolvimento e animação em flash.....	46
3.4 Arquitetura da ferramenta.....	47
3.4.1 Ensino de Física pelo computador: software termoL@b.....	49
3.4.2 Principais recursos disponíveis.....	52
3.4.3 Outras opções.....	54
3.4.4 Interface gráfica.....	55
3.5 Requisitos de Software.....	67
3.5.1 Engenharia de Requisitos e Modelagem UML.....	69
3.6 Modelagem em UML do termoL@b.....	71
3.6.1 O termoL@b.....	71
3.6.2 Caso de uso geral.....	72
3.6.2.1 Caso de uso Experimento Virtual I – Dilatação linear de um sólido.....	74
3.6.2.1.1 Casos de uso referentes às atividades de variar X cm no Material Y.....	76

3.6.2.1.2 Casos diversos de uso.....	78
3.6.2.2 Diagramas de sequência do experimento virtual I.....	79
3.6.2.3 Diagramas de atividade no experimento virtual I.....	80
4. VALIDAÇÃO DO AMBIENTE: RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	82
4.1 Procedimentos metodológicos.....	82
4.2 Análise dos resultados dos testes.....	84
4.2.1 Análise estatística comparativa.....	87
4.3 Análise dos resultados da avaliação pedagógica do ambiente pelos alunos.....	93
4.3.1 Similaridade.....	93
4.3.2 Acessibilidade.....	94
4.3.3 Adaptabilidade.....	95
4.3.4 Proveito.....	96
4.3.5 Compatibilidade.....	97
4.4 Análise dos resultados da avaliação do ambiente por alunos e professores.....	97
4.4.1 Análise dos resultados de avaliação da interface gráfica.....	98
4.4.1.1 Relevância das funções.....	98
4.4.1.2 Interface fácil e amigável.....	99
4.4.1.3 Familiaridade dos objetos utilizados.....	100
4.4.1.4 Navegabilidade.....	100
4.4.1.5 Fontes e figuras adequadas.....	101
4.4.1.6 Cores adequadas.....	102
4.4.1.7 Facilidade de leitura da interface.....	102
4.4.1.8 Ambiente com interface agradável.....	103
4.4.2 Análise dos resultados de avaliação da interatividade do ambiente.....	103
4.4.2.1 Consistência de interação com o software.....	104
4.4.2.2 Terminologia adequada.....	104
4.4.2.3 Grau de interatividade.....	105
4.4.2.4 Incentiva postura ativa.....	106
4.4.2.5 Controle do software pelo usuário.....	107
4.4.2.6 Facilidade de entrada e saída de telas.....	107
4.4.2.7 Multimídia adequada.....	108

4.4.3	Análise dos resultados de avaliação da usabilidade.....	109
4.4.3.1	Satisfaz as necessidades educativas.....	109
4.4.3.2	Uso adequado do computador.....	110
4.4.3.3	Satisfaz os diferentes tipos de usuários.....	110
4.4.3.4	Integração de meios didáticos.....	111
4.4.3.5	Facilidade de uso.....	112
4.4.3.6	Relevância do conteúdo.....	112
4.4.3.7	Alcance dos objetivos pretendidos.....	113
4.4.3.8	Relevância curricular.....	113
4.4.3.9	Possibilita autoaprendizagem.....	114
4.4.3.10	Vantagens em relação a outros meios.....	115
4.4.4	Análise dos resultados da avaliação do conteúdo programático pelos professores.....	115
4.4.4.1	Valor do conteúdo.....	116
4.4.4.2	Intenção formativa.....	116
4.4.4.3	Organização dos conteúdos.....	117
4.4.4.4	Quantidade adequada de informações.....	117
4.4.4.5	Complexidade do conteúdo.....	118
4.4.5	Análise dos resultados da avaliação sobre os aspectos pedagógicos.....	118
4.4.5.1	Adequação ao público.....	119
4.4.5.2	Adequação dos objetivos enunciados.....	120
4.4.5.3	Contribuição como suporte a aprendizagem.....	120
4.4.5.4	Forma e conteúdo interdisciplinar.....	121
4.4.5.5	Proposta e fundamentação teórica.....	122
4.4.5.6	Avaliação adequada.....	122
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
BIBLIOGRAFIA.....		127

INTRODUÇÃO

Essa introdução mostra as principais motivações para realização deste estudo. Em seguida é descrito, de forma resumida, os procedimentos metodológicos utilizados. Na seção seguinte, é apresentada a estrutura do livro. Nesta seção situa-se a ordem de assuntos abordados em cada um dos capítulos.

Alguns fatores prejudicam o processo de obtenção de bons resultados no ensino de Física. Entre estes fatores, podemos destacar: o número excessivo de alunos em sala, a falta de instalações e recursos apropriados para aulas práticas e interativas, a carência de profissionais qualificados e treinados, não só no uso de materiais ou recursos alternativos, mas, na maioria das vezes, também despreparados conceitualmente. Aliás, caberia insistir no fato de que docentes atuando nas escolas, deles se esperaria um arcabouço de conhecimentos em Física, radicalmente superior aos meros conteúdos tratados em classe, com seus alunos. Em outras palavras, o “ensinante” deveria situar-se a cavaleiro dos assuntos que lhe caberia “ensinar”. Outra parte da questão refere-se à própria aversão à disciplina, considerada de difícil entendimento por grande parte dos alunos. Tal aversão, em parte, pode ainda decorrer das dificuldades na modelação matemática das situações físicas, tendo em vista uma paralela aversão à Matemática. Certamente, todos esses fatores têm implicações diretas na qualidade do ensino praticado e na compreensão do papel que os conceitos de Física exercem no nosso cotidiano.

De fato, Piaget (1972, 1973) já mensurava essa questão do ensino de Ciências, pois, segundo lhe parecia, ali “se apresentavam os problemas frequentes e complexos no tocante às reformas a serem cumpridas”. Segundo ele (1973), mesmo no campo da Matemática, muitos fracassos escolares se devem à passagem muito rápida do qualitativo (lógico) para o quantitativo (numérico). No ensino da Física é exigido o tratamento integrado do qualitativo (situações físicas) e do quantitativo (representações algébricas), dos fatores físicos.

Pode-se considerar que a utilização da informática como recurso tecnológico tem um papel diferencial no cotidiano atual. Porém, em relação à sua contribuição pedagógica ainda existe uma oscilação entre os aspectos que definem uma educação de qualidade e a real necessidade do seu uso na escola. Sabendo que educação de qualidade implica em qualidade profissional, quem educa tem que levar em consideração as opções que sua realidade oferece e procurar utilizá-las da melhor forma.

Atualmente, o uso da informática na educação é diversificado, ocorrendo através de recursos, tais como: utilização de CDROM's temáticos, implementação de programas e *softwares* educativos, construção de páginas na *Web*, incluindo a disponibilização de aplicativos, *links* e materiais na forma de texto para suporte de cursos a distância.

No âmbito do Ensino de Física, as possibilidades de utilização da informática para contextualização de temas ocorrerão através da construção de ambientes ou sistemas de *software* educativos voltados para tal finalidade. Alguns trabalhos atuais apontam que a utilização de tecnologias computacionais por meio de simulações apresenta-se com viabilidade na compreensão de conceitos físicos (VASCONCELOS, 2007).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2002) chamam a atenção para o papel da informática na educação quanto às definições de competências e habilidades a serem desenvolvidas no Ensino Médio. Destaca-se como um dos itens dessas definições o papel que a escola e o seu processo intrínseco, o ensino, atribui ao uso da informática na educação: “reconhecer a informática como ferramenta para novas estratégias de aprendizagem, capaz de contribuir de forma significativa para o processo de construção do conhecimento, nas diversas áreas”.

Busca-se, com este trabalho, vivenciar uma experiência de como e em quais condições se poderia trabalhar com um *software* educacional visando à melhoria do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos em Física, valendo-se de seus recursos de simulação com o suporte de uma teoria educacional. Sabe-se que

softwares educacionais são meios ou recursos que podem proporcionar práticas e ensaios que contribuem para a construção de significados na sua forma criativa e atrativa.

Este livro tem por objetivo apresentar o desenvolvimento e a utilização pedagógica de um *software* interdisciplinar voltada ao ensino de Termologia. Definido o processo de desenvolvimento e implementação do recurso educativo aqui proposto, nós o aplicamos com alunos do Ensino Médio, objetivando avaliar a qualidade pedagógica e didática deste *software*. A partir dos dados coletados durante a pesquisa de campo, realizamos uma análise e verificamos as principais contribuições dessa ferramenta no processo de ensino e aprendizagem colaborativa e interdisciplinar.

Além desta seção introdutória, o trabalho apresenta ainda seis capítulos e a conclusão, cujos assuntos estão assim distribuídos:

O 1º capítulo mostra as principais concepções pedagógicas utilizadas para fundamentar a pesquisa, detalhando-as a partir de definições e conceitos relacionados com a psicologia da aprendizagem.

O 2º descreve uma visão geral do uso da tecnologia da informação e comunicação na educação. Em seguida, serão examinados alguns conceitos relativos à aprendizagem colaborativa e suas relações com o processo de aprendizagem. Outro aspecto abordado refere-se o uso da informática educativa a partir de uma visão metodológica destacando a utilização do computador no ensino e o surgimento dos *softwares* educativos.

No 3º capítulo é estabelecida uma relação entre a interdisciplinaridade e alguns conteúdos no ensino de Física. Em seguida, são detalhados os procedimentos de desenvolvimento e implementação do TermoL@b – Ambiente Virtual Interdisciplinar para o ensino de Física Térmica. Segue-se a interface gráfica do ambiente com suas experiências virtuais e o desenvolvimento do sistema baseado na engenharia de requisitos por meio da linguagem de modelagem gráfica UML.

Já no 4º capítulo, apresenta-se uma aplicação do ambiente de aprendizagem proposto, cujo objetivo foi avaliar a ferramenta

desenvolvida. Essa aplicação ocorreu com um grupo de alunos da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública. Foram realizados testes com o intuito de verificar a contribuição desse ambiente no processo de aprendizagem, além da aplicação de questionários avaliativos sobre os limites e possibilidades desse ambiente na opinião de alunos e professores.

Finalmente há uma seção que mostra as conclusões obtidas como ponto de análise sobre os resultados deste trabalho, assim como as principais contribuições que ele fornece para área da engenharia de requisitos de *software* educativo. São discutidos os resultados da avaliação dos dados coletados na pesquisa de campo e feita uma análise do uso do ambiente. Também são apresentadas algumas possibilidades de trabalhos futuros e dado um direcionamento para futuras pesquisas nessa área.

1. CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS

1.1 Considerações preliminares

Ninguém duvida de que os contextos de aprendizagem escolar precisam ser reestruturados para suportar uma atividade mais centrada no aprendiz, mais interativa e estimulante no que diz respeito à resolução de problemas de forma cooperativa.

A tomada de consciência da necessidade de uma atividade mais centrada no aluno não é novidade. Muito se fala que o aluno é o sujeito principal do processo de ensino e aprendizagem. O século XX foi marcado, no domínio da reflexão sobre educação, pela contribuição de variados investigadores, sobretudo construtivistas, os quais demonstraram que, de forma inelutável, não existem abstrações como "aluno-médio", que os alunos têm ritmos individualizados de aprendizagem e que o conhecimento não é adquirido por transmissão, mas algo que se constroi em interação com o mundo e com os outros. Para a teoria construtivista de aprendizagem de Piaget, a interação é requisito fundamental, pois é a partir da ação do indivíduo sobre o objeto de seu conhecimento que se dá o

crescimento cognitivo (WADSWORTH, 1997). É característica de um ambiente de aprendizagem ter um objetivo comum entre os indivíduos, respeitando as diferenças individuais e liberdade para exposição de ideias e questionamentos.

Freire (1981) dizia “*Ninguém educa ninguém, como tampouco ninguém se educa a si mesmo: os homens se educam em comunhão, mediatizados pelo mundo*”. Ao citar essas palavras, talvez Freire não tivesse consciência de que a tecnologia seria um importante meio de aproximar as pessoas, de colocá-las em constante diálogo e aprender umas com as outras, mas tinha consciência da importância de interagir uns com os outros.

Outra convicção que se vai generalizando entre os educadores é a de que a interação dos indivíduos com o mundo e com outros indivíduos é mediada por artefatos e por ferramentas culturais e socialmente construídas. Essas ferramentas podem ter uma estrutura simbólica, como a linguagem ou podem ser utensílios de qualquer tipo, incluindo *software*.

O objetivo deste capítulo é refletir um pouco sobre alguns dos pressupostos teóricos da concepção de *software* adequado a "funcionar" como ferramenta de mediação da aprendizagem e da cognição. E o ponto de vista, a partir do qual se reflete, é o de um docente que vem trabalhando com *software* educacional há mais de uma década e se habituou a "franzir" o nariz para boa parte dos produtos existentes. Esses produtos, geralmente, são apenas perfeitos em termos de engenharia de *software* e na sua adequação à ideia que estava por trás de sua construção. O que não significa que funcionem de acordo com as verdadeiras necessidades dos usuários, que são os aprendizes.

Segundo Santos (1999), o desenvolvimento de um *software* educacional guarda uma especificidade própria, pois é preciso entender como as pessoas aprendem, para transpor esse entendimento para o *software* educacional. Para tanto, torna-se necessário estudar as teorias de aprendizagem. Embora, vários estudiosos tenham se dedicado a entender como a criança aprende, como Piaget, Vygotsky,

Wallon entre outros, neste estudo, iremos focar apenas a contribuição de Vygotsky e Ausubel.

Nesse sentido, este trabalho fará inicialmente um apanhado das principais ideias de Vygotsky (1987) e Ausubel (1980) por entender que o ambiente virtual de aprendizagem colaborativa aqui proposto pode ser visto como forma de aplicação à interação continuada, na medida em que esta fornece uma contínua exposição a diferentes pessoas, com níveis diversos de desenvolvimento cognitivo, extrapolando o universo possível de interações dos espaços tradicionais de aprendizagem. Frawley (2000) diz que “A mente social e a computacional que se reúnem na forma, como certas partes da linguagem, repousadas sobre a fronteira entre a mente e o mundo, são utilizadas pelas mentes computacionais para mediar o que é interno e o que é externo, enquanto se pensa”.

1.2 Interdisciplinaridade e as concepções de Piaget

A interdisciplinaridade surgiu no final do século XIX, pela necessidade de dar uma resposta à fragmentação causada pela concepção positivista, pois as ciências foram subdivididas surgindo, daí várias disciplinas. Após longas décadas convivendo com um reducionismo científico, a ideia de interdisciplinaridade foi elaborada visando restabelecer um diálogo entre as diversas áreas do conhecimento científico. Para Ferreira e Fazenda (1993), o prefixo inter- dentre as diversas conotações que podemos lhe atribuir, poderá ter o significado de troca, reciprocidade, e disciplina, de ensino, instrução, ciência. Logo, a interdisciplinaridade pode ser compreendida como sendo a troca entre as disciplinas, ciências ou áreas do conhecimento.

Atualmente, percebe-se que as grandes transformações socioeconômicas e científicas evidenciam a grande responsabilidade da educação: preparar pessoas capazes de dominar conhecimentos sedimentados e amalhados ao longo da história da humanidade e formar seres aptos a lidar com o inusitado. O novo e o diferente pedem novas respostas. Dois grandes desafios podem ser destacados:

escolher o melhor e como sorver o conhecimento que chega por meio de filtros, de separações, para lhe dar nova forma. Aqui, pode-se destacar como um desafio educacional a compreensão da interdisciplinaridade.

Porém, vale destacar que, para garantirmos um trabalho interdisciplinar, há que se desenvolver recursos e uma metodologia de trabalho interdisciplinar que implica nas seguintes atitudes: integrar os conhecimentos; passar de uma concepção fragmentada para uma concepção unitária de conhecimento; superar a dicotomia entre o ensino e pesquisa, considerando o estudo e a pesquisa a partir da contribuição das diversas ciências e um processo de ensino e aprendizagem centrado numa visão de que aprendemos ao longo da vida.

Neste contexto, Fazenda (1994) afirma que a metodologia interdisciplinar requer uma atitude especial ante o conhecimento, que se evidencia no reconhecimento das competências, incompetências, possibilidades e limites da própria disciplina e de seus agentes, no conhecimento e na valorização suficientes das demais disciplinas e dos que a sustentam. Para esta autora, torna-se fundamental haver indivíduos capacitados para a escolha da melhor forma e sentido da participação e, sobretudo, no reconhecimento da provisoriedade das posições assumidas, no procedimento de questionar. Tal atitude conduzirá, evidentemente, à criação das expectativas de prosseguimento e abertura a novos enfoques ou aportes. Assim, a metodologia interdisciplinar parte de uma liberdade científica, alicerça-se no diálogo e na colaboração, funda-se no desejo de inovar, de criar, de ir além e suscita-se na arte de pesquisar, não objetivando apenas a valorização técnico-produtiva ou material, mas, sobretudo, possibilitando um acesso humano, no qual desenvolve a capacidade criativa de transformar a concreta realidade mundana e histórica numa aquisição maior de educação em seu sentido lato, humanizante e libertador do próprio sentido de ser no mundo.

Destaca-se ainda que a interdisciplinaridade perpassa todos os elementos do conhecimento pressupondo a integração entre eles. A interdisciplinaridade está marcada, ainda por um movimento

ininterrupto, criando ou recriando outros pontos para a discussão. Fazenda (1994) explica que as separações do conhecimento surgiram como forma de se ordenar os saberes, que se tornavam cada vez mais complexos e variados. Apareceram, portanto, em decorrência dos avanços científicos e tecnológicos e de nossas condições humanas, que nos colocam diante de olhares em perspectiva.

Considerar uma atitude educacional interdisciplinar não significa diminuir a complexidade do conteúdo. Ao contrário, diversos autores mostram que, embora precisemos de filtros para nos organizar, há correlações múltiplas entre os vários eventos físicos, biológicos, psicológicos e sociais. Dessa forma, é necessário pensar a interdisciplinaridade no seu sentido e suas possibilidades. Piaget, há décadas, por sentir que as ciências avançavam e era preciso estabelecer formas que possibilitassem a troca produtiva entre elas, sem que se causassem distorções múltiplas, apontava a necessidade de uma atitude interdisciplinar.

Piaget (1973) destacou um dos pontos importantes para a interdisciplinaridade: a metacogição, visando, sobretudo, a importância de se estudar o sentido da linguagem e a visão sobre a realidade, elaborado pelos diversos ramos científicos, para que possa haver trocas que sejam complementares, mas não simplificadoras. Há, ainda, outros movimentos importantes e que exigem estudos. Um deles é a busca de subsídios em diferentes ciências, em direção a ações práticas, isto é, voltados a resolução de problemas, por meio de novas criações.

Em seu artigo intitulado “interdisciplinaridade e epistemologia: uma leitura pela ‘ótica’ piagetiana”, Bellini e Ruiz (1998) analisam dois pensadores: Jean Piaget e Edgar Morin. Segundo os autores, para Piaget há *interdisciplinaridade quando a solução de um determinado problema é buscada recorrendo-se a diversas disciplinas, ocorrendo reciprocidade capaz de gerar enriquecimento mútuo*. Na concepção de Edgar Morin podemos entender que *interdisciplinaridade como decorrente de uma atitude intelectual não-simplificadora de abordagem da realidade*. Essa

atitude implica em admitir que em cada situação existem múltiplas variáveis interferindo simultaneamente.

Quando consideramos uma reflexão sobre a interdisciplinaridade na escola, é preciso que ela nasça do pensamento sobre o pensamento que orienta o fazer educacional, identificando as crenças epistemológicas que orientam o seu fazer e, nesse processo, buscar eliminar os procedimentos destinados a economizar pensamento, nascendo daí, talvez, uma cultura escolar que privilegie o direito de pensar (BELLINI e RUIZ, op. cit.).

A interdisciplinaridade é definida nos PCN como a dimensão que (...) questiona a segmentação entre os diferentes campos do conhecimento produzida por uma abordagem que não leva em conta a inter-relação e a influência entre eles, questiona a visão compartimentada.

A interdisciplinaridade permite questionar a fragmentação dos diferentes campos de conhecimento. Nessa perspectiva, procuramos tecer os possíveis pontos de convergência entre as várias áreas e a relação epistemológica entre as disciplinas. Com a interdisciplinaridade adquirimos mais conhecimentos dos fenômenos naturais e sociais, que são normalmente complexos e irreduzíveis ao conhecimento obtido quando são estudados por meio de uma única disciplina. As interconexões que acontecem nas disciplinas facilitarão a compreensão dos conteúdos de uma forma integrada, aprimorando o conhecimento do educando.

1.3 Desenvolvimento da concepção vygotskyana

O foco das preocupações de Vygotsky (1987) foi o desenvolvimento do indivíduo e da espécie humana, como resultado de um processo socio-histórico.

Um dos princípios básicos da teoria de Vygotsky é o conceito de zona de desenvolvimento proximal - ZDP. A ZDP representa a diferença entre a capacidade da criança de resolver problemas por si própria e a capacidade de resolvê-los com ajuda de alguém. Em outras palavras, teríamos uma zona de desenvolvimento

autossuficiente que abrange todas as funções e atividades que a criança consegue desempenhar por seus próprios meios, sem ajuda externa.

A ideia de zona de desenvolvimento proximal é de grande relevância em todas as áreas educacionais. Uma implicação importante é a de que o aprendizado humano é de natureza social e é parte de um processo em que a criança desenvolve seu intelecto dentro da intelectualidade daqueles que a cercam (VYGOTSKY, 1987). De acordo com o autor, uma característica essencial do aprendizado é que ele desperta vários processos de desenvolvimento internamente, os quais funcionam apenas quando a criança interage em seu ambiente de convívio. Em síntese temos o seguinte:

- Nível de desenvolvimento **real** (o que a criança realiza sozinha);
- Nível de desenvolvimento **potencial** (o que ela faz com ajuda);

A distância entre o nível real e o potencial configura a **zona de desenvolvimento proximal** (onde ocorrem as aprendizagens). O que a criança hoje faz com ajuda, amanhã fará sozinha.

Para Vygotsky (op. cit.), entender a importância da mediação, que evidencia a relação do homem com o mundo e com os outros homens, é fundamental, pois é através desse processo que as funções psicológicas superiores, exclusivamente humanas, se desenvolvem. Nesse sentido, Rego (1995) diz: *Vygotsky distingue dois elementos básicos responsáveis por essa mediação: o instrumento, que tem a função de regular as ações sobre os objetos e o signo e que regula as ações sobre o psiquismo das pessoas.*

Assim, aquilo que representa algo diferente de si mesmo pode ser considerado um signo (objeto, forma, fenômeno, gesto, figura ou som), em resumo, torna significativo ideias, situações, eventos e objetos, ajudando a memória e a atenção humana. Como por exemplo, a palavra caneta é um signo que representa a ferramenta usada para escrever e na linguagem dos surdos-mudos os gestos são signos que podem expressar uma ideia ou mensagem.

A criação de instrumentos provoca profundas mudanças no seu entorno, pois aumenta sua potencialidade de atuar sobre a natureza, transformando-a e satisfazendo suas necessidades.

1.4 - Vygotsky e o ambiente virtual

Pensar como o ambiente computacional usa seu potencial de interatividade para mediar os mundos internos e externo durante o pensamento é entender que não existe dicotomia entre a ciência cognitiva vygostskiana e a abordagem sociocultural da mente.

Assim, Fino (1996) afirma, à luz da teoria aduzida, que um *software* adequado aos pressupostos pedagógicos dela extraível, deve dar acesso a micromundos ricos em nutrientes cognitivos e permitir uma atividade situada, autêntica e significativa que:

- Estimule o desenvolvimento cognitivo, permitindo a manipulação, com a ajuda de um outro mais capaz (pai ou professor), de um conhecimento mais elevado do que aquele que cada aprendiz poderia manipular sem ajuda (ZDP);
- Permita a colaboração, igualmente significativa em termos de desenvolvimento cognitivo, entre aprendizes empenhados em realizar a mesma tarefa ou desenvolver o mesmo projeto;
- Estimule transações de informação em que os outros possam funcionar como recursos;
- Estimule uma atividade metacognitiva, que acontece com maior intensidade quando o aprendiz atua como tutor;
- Permita a criação de artefatos que sejam externos e partilháveis com os outros;
- Favoreça a *negociação social do conhecimento* (que é o processo pelo qual os aprendizes formam e testam as suas construções em diálogo com outros indivíduos e com a sociedade em geral).

1.5 A teoria de Dewey

Outro referencial teórico-metodológico que deve ser considerado nesta discussão é a teoria deweyniana. Inicialmente, observa-se que, aproximadamente, cem anos depois da escrita e da difusão das suas ideias, impregnadas de críticas a um sistema de ensino que priorizava o simples arquivamento dos conteúdos estudados na memória, assim como a inatividade desses sujeitos no processo escolar, a teoria deste autor é marcadamente contemporânea no ensino de Física. Retomando alguns aspectos pedagógicos de sua teoria e associando-os aos problemas que permeiam o ensino na atualidade, destacam-se considerações e premissas válidas para a maturação deste trabalho. Tomando como exemplo as aulas de Física assinaladas, na maior parte das vezes, pela postura de desinteresse e até mesmo repulsa por parte dos estudantes e pelo sentimento de inutilidade daquele conhecimento, esses obstáculos se inserem dentro de uma realidade de aulas maçantes e descontextualizadas da cultura do aluno. Além disso, as avaliações, normalmente, priorizam a memorização de fórmulas matemáticas. Esses fatores geram desconforto e insatisfação ao demonstrar que os objetivos das aulas não foram alcançados: os estudantes não sabem repetir as resoluções das questões similares propostas anteriormente pelo professor em sala de aula, ou seja, as lições não foram bem decoradas. Este autor norte-americano criticava as tarefas maquinais e irrefletidas realizadas nas escolas, que faziam os alunos repetir certas operações até se tornarem automáticas. A preocupação maior era fazer os alunos reterem conhecimentos de forma decorada em vez de promover-lhes o hábito de raciocinar. Em muitos momentos de aula, o professor se preocupa mais com o resultado correto do que com o processo pelo qual ele foi conseguido, levando à mecanicidade do regime escolar e dando elevada importância para as provas e notas. A atividade mental dos alunos era comprimida num molde pré-definido, com a utilização em algumas áreas de conhecimento de algoritmos metódicos já cristalizados, esquecendo-se das grandes diferenças existentes entre os indivíduos. Segundo Dewey (1953), a

escola faz o aluno estudar símbolos com o fim de obter perfeita exposição da lição, habilitá-lo a dar respostas acertadas e a servir-se das fórmulas convencionais de análise. O aluno transforma-se num autômato que cessa de refletir. Ele decora em vez de procurar o sentido das coisas.

Decorre nesse sentido a necessidade de valorização do trabalho com a "*lógica psicológica*" nos programas de ensino, isto é, com a lógica que se baseia na natureza e no funcionamento do espírito infantil, na busca de uma metodologia de ensino mais adequada. O autor (op. cit.) declara absurda a suposição de que um aluno possa começar suas atividades escolares a partir de itens já formalizados por adultos, pois "sob o ponto de vista da matéria a ensinar, a lógica constitui o fim, o ponto terminal da educação, e não seu ponto de partida". Para o professor que trabalha com essa perspectiva condenada pelo autor norte-americano, não cabe a pesquisa ou investigação dos conhecimentos do cotidiano trazidos por seus alunos. Ao contrário, ocorre apenas a proposta imperativa de substituição desses conhecimentos pelo conhecimento formalizado na academia e da qual toma notícia pelas leis e relações matemáticas, que já não são apenas científicas, mas adquirem também o poder e a autoridade de dogmas de fé que devem ser aceitos sem discussão. Discuti-los seria discutir a autoridade do professor e aceitá-los, mostrar a submissão e o conformismo aos preceitos ou normas constituídas.

Nessa prática maquinal de ensino, os docentes tornam-se depositários e transmissores dos conhecimentos e doutrinas estabelecidas. Ao contrário dos posicionamentos que temos encontrado na prática de grande número de professores de Física, Dewey defendia que a função do professor tornava-se o papel de cultivo ao espírito de curiosidade, cuidando de preservá-la do desaparecimento no excesso de trabalho com a metodologia dogmática de ensino. Caberia ao professor reconhecer que o ambiente e a vida escolar influem sobre os estudantes. Assim, a mesma atividade escolar poderia ser contextualizada, estimulando o seu interesse quando associada a atividades que lhe sejam

importantes. Uma crítica à proposta escolar recai sobre a difusão da ideia de que ensinar Ciências é ensinar o método científico, e ainda unicamente o método científico indutivo, caracterizado pelas etapas de observação, generalização e formalização da lei científica.

2. TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS NO CONTEXTO EDUCACIONAL: O SOFTWARE EDUCATIVO E A HIPERMÍDIA

Neste capítulo são apresentados os conceitos de tecnologia e suas aplicações no âmbito educacional. Segue-se a proposta de revelar que o uso da tecnologia poderá viabilizar o desenvolvimento humano, em especial nos aspectos relativos à educação. Caracterizam-se ainda os tipos de *softwares* educativos, as atuais propostas metodológicas do uso da informática educativa e conceituasse hipermídia e multimídia.

2.1 Tecnologia no contexto educacional

Existem muitas formas de compreender a tecnologia. Para alguns, ela é fruto do conhecimento científico especializado. É, porém, possível compreendê-la da forma mais ampla possível, como qualquer artefato, método ou técnica criado pelo homem para tornar seu trabalho mais leve, sua locomoção e sua comunicação mais fáceis, ou simplesmente sua vida mais satisfatória, agradável e divertida. Nesse sentido amplo, a tecnologia não é algo novo – na verdade, é quase tão velha quanto o próprio homem.

Nem todas as tecnologias inventadas pelo homem são relevantes para a educação. Algumas apenas estendem sua força física, seus músculos. Outras apenas lhe permitem mover-se pelo espaço mais rapidamente com menor esforço sendo que nenhuma é tão relevante para a educação quanto as tecnologias que amplificam os poderes sensoriais do homem (como o telescópio, o microscópio e todos instrumentos que estendem e ampliam os órgãos dos sentidos humanos). As tecnologias que estendem a capacidade de

comunicação do homem englobam a fala tipicamente humana conceitual (desenvolvida aos poucos desde tempos imemoriais), a escrita alfabética (criada por volta do século VII AC), a imprensa (inventada por volta de 1450 DC), e nos últimos dois séculos, o correio moderno, o telégrafo, o telefone, a fotografia, o cinema, o rádio, a televisão e o vídeo. Contudo, o computador iniciou, no final da década de 70, com sua popularização, a revolução digital, a era da inteligência em rede, na qual seres humanos combinam sua inteligência, conhecimento e criatividade para revoluções na produção de riquezas e desenvolvimento social. Essa revolução atinge todos os empreendimentos da humanidade – aprendizagem, saúde, trabalho e entretenimento (TAPSCOTT, 1997).

Esse termo tecnologia vai muito além de meros equipamentos. Ela permeia toda a nossa vida, inclusive em questões não tangíveis. Tajra (2002) classifica as tecnologias em três grupos:

Tecnologias físicas: são as inovações de instrumentais físicos, tais como caneta esferográfica, livro, telefone, aparelho celular, satélites, computadores. Estão relacionadas com a física, química e a biologia.

Tecnologias organizadoras: são as formas de como nos relacionamos com o mundo; como os diversos sistemas produtivos estão organizados. As modernas técnicas de gestão pela qualidade total são exemplos de tecnologia organizadora. Os métodos de ensino sejam tradicional, construtivista, montessoriano, são tecnologias de organização das relações de aprendizagem.

Tecnologias simbólicas: estão relacionadas com a forma de comunicação entre as pessoas, desde a iniciação dos idiomas escritos e falados à forma como as pessoas se comunicam. São os símbolos de comunicação.

Essas tecnologias estão intimamente interligadas e são interdependentes. Ao escolhermos uma tecnologia, estamos intrinsecamente optando por um tipo de cultura, a qual está relacionada com o momento social, político e econômico.

Pela enorme influência que novas tecnologias como a informática passou a exercer na área da educação é que há

necessidade de se tratar esta questão de maneira consciente e responsável. A invenção da tecnologia digital tornou possível a criação de novas formas de registrar o conhecimento, de armazená-lo, de acessá-lo, de comunicá-lo e de usá-lo. A concepção de documento tradicional, que continha texto e ilustrações impressos, é estendida para documento eletrônico, que pode conter texto, sons, imagens (desenhos, gráficos, fotografias e vídeos, ou seja, imagens estáticas ou em movimento) e dados numéricos. Com isso diz-se que a revolução tecnológica não modifica somente as técnicas de produção e transmissão do conhecimento, mas as próprias estruturas e formas de organização das informações e do texto, permitindo a expansão de novas formas de ler e de escrever, como o hipertexto.

A tecnologia computacional é componente essencial e estruturante da sociedade da informação atual. Por isso, é preciso inseri-la na escola não como simples material de apoio em sala de aula, mas, sobretudo, como componente essencial e como meio de interação. É claro que usar o computador para elaborar trabalhos escolares pode levar a ganhos de eficiência, mas não tornará a escola eficaz para realizar os desafios da sociedade da informação.

Para que a educação e a escola possam atender as exigências da sociedade da informação, é preciso colocar as novas tecnologias de informação e comunicação no centro do processo educativo, como forma de ampliar e aprofundar o seu uso e como meio de superar a prática instrumental que em geral se faz delas.

2.2 Fundamentos da informática educativa

As justificativas para a introdução dos computadores na Educação são diversificadas e as formas de utilização seguem na mesma linha. Essa variedade, na medida em que aumenta a intimidade dos professores com esse recurso didático e desde que esses sejam capacitados, pode e deve ser expandida.

No ensino pelo computador, permite-se que o aluno, através da máquina, aprenda sobre qualquer conceito e conteúdo. Entretanto, há dois modos de se ver essa modalidade de abordagem pedagógica:

o computador como máquina de ensinar – “*o computador ensina os alunos*” – e o computador como ferramenta de apoio ao ensino – “*o aluno ensina o computador*” (VALENTE, 1993).

As vertiginosas evoluções socioculturais e tecnológicas do mundo atual geram incessantes mudanças nas organizações e no pensamento humano e revelam um novo universo no cotidiano das pessoas. Isso exige independência, criatividade e autocrítica na obtenção e na seleção de informações, assim como na construção do conhecimento.

Por meio da manipulação não linear de informações, do estabelecimento de conexões entre elas, do uso de redes de comunicação e dos recursos multimídia, o emprego da tecnologia computacional promove a aquisição do conhecimento, o desenvolvimento de diferentes modos de representação e de compreensão do pensamento (ALMEIDA, 2000).

Dessa maneira a tecnologia computacional possibilita representar e testar ideias ou hipóteses que levam à criação de um mundo abstrato e simbólico, ao mesmo tempo que introduzem diferentes formas de atuação e de interação entre as pessoas. Essas novas relações, além de envolverem a racionalidade técnico-operatória e lógico-formal, ampliam a compreensão sobre aspectos socios-afetivos e tornam evidentes fatores pedagógicos, psicológicos, sociológicos e epistemológicos.

Informática na Educação é um novo domínio da ciência que, em seu próprio conceito, traz embutida a ideia de pluralidade, de inter-relação e de intercâmbio crítico entre saberes e ideias desenvolvidas por diferentes pensadores. Por ser uma concepção que ainda está em fase de desenvolver seus argumentos, quanto mais nos valermos de teorias fundamentadas em visões de homem e de mundo coerentes, melhor será para observarmos e analisarmos diferentes fatos, eventos e fenômenos, com o objetivo de estabelecer relações entre eles.

O universo de estudos da informática na educação é como uma rede dinâmica de temas ou especialidades inter-relacionados para propiciar a unificação de conhecimentos. A consistência das

inter-relações entre os temas em estudo determina a estrutura da rede toda, uma vez que os *diversos temas articulam-se mutuamente e abrem-se para muitos outros, aqui apenas tangenciados, numa teia que não se fecha, que não se completa, que não poderia completar-se: a própria ideia de complemento ou fechamento não parece compatível com a concepção de conhecimento que se intenta semear* (MACHADO, 1997).

A primeira linha conceitual sobre o uso da informática na educação teve início com o próprio ensino de informática e de computação. Posteriormente, surgiu uma segunda linha com o objetivo de desenvolver o ensino de diferentes áreas do conhecimento por meio dos computadores – isto é, o ensino pela informática. Nessa linha, os computadores são empregados em diferentes níveis e modalidades, assumindo funções definidas segundo a tendência educacional adotada.

Assim, como vimos no início deste capítulo, as práticas pedagógicas de utilização de computadores se realizam sob abordagens que se situam e *oscilam entre dois grandes pólos – instrucionista e construcionista* (VALENTE, 1993).

Papert (1994) identifica diversos aspectos que distinguem o construcionismo do instrucionismo:

- Para o instrucionismo, a melhor aprendizagem decorre do “aperfeiçoamento do ensino”, enquanto o construcionismo não nega o valor da instrução, mas coloca a atitude construcionista como um paradoxo que tem a meta de “produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo ensino”. Isso não significa que a aprendizagem ocorra espontaneamente, mas sim que os professores precisam fomentar em sua prática os processos de aprendizagem ditos naturais, que ocorrem independentemente dos métodos educativos tradicionais (PAPERT, 1994);
- As pessoas podem construir por si mesmas seus métodos de resolução de problemas, segundo seu

próprio estilo de pensamento, que devem ser respeitados, identificados e incentivados pelos professores. Contudo, o uso do computador pode dar ao aluno a oportunidade de empregar diferentes estilos e a liberdade de trabalhar com o estilo que melhor lhe convier no momento.

- Desenvolvimento de micromundos como ambientes de aprendizagem ativa, que permitem a exploração sem a preocupação com os critérios de certo ou errado e sem a noção de pré-requisito. A aprendizagem é ativa, não somente por ser interativa, mas também porque os alunos podem testar suas próprias ideias ou teorias sobre micromundo, mesmo partindo de teorias equivocadas, que podem levá-los a teorias mais consistentes, o que é parte inerente ao processo de aprendizagem.

Para contribuir com a disseminação da informática educativa na escola, tem-se que construir parcerias, aproveitar as possibilidades de aprendizagem do erro, participar dos planejamentos nas escolas, estar sempre aberto ao novo, ter a capacidade de ousar e procurar formas de garantir que essa seja a prioridade do trabalho dos multiplicadores do núcleo de tecnologia educacional. Com o aprendizado da informática educativa, compreende-se não ser ela um produto pronto, acabado e sim um processo que se constroi e reconstroi todos os dias no espaço escolar.

2.3 Surgimento e caracterização do *software* educativo

O *software* educativo é desenvolvido especialmente para o uso e aplicação na Educação, em função de clientelas específicas, de conteúdos específicos, de estratégias e abordagens didáticas e psicopedagógicas específicas (VIDAL, 2002). O *software* proposto poderá ser utilizado no apoio ao trabalho em sala de aula.

O *software* educativo surgiu no final da década de 60 e início dos anos 70, tendo suas bases na teoria behaviorista de Skinner e no modelo pedagógico de instrução programada, baseado no estímulo-resposta. O computador passa a representar uma possibilidade promissora e eficaz de padronização dos materiais instrucionais.

As novas tendências pedagógicas dos anos 70 e 80 fizeram com que se iniciasse um questionamento sobre o papel do professor e do aluno em que aquele não seria mais um mero transmissor, repassador de conhecimentos e informações ao aluno e sim capaz de criar um ambiente de aprendizagem que facilite este a adquirir conhecimento (VIDAL, 2002).

Dessa forma, os *softwares* educativos passaram a incorporar essas novas concepções embora sejam objeto de críticas em dois âmbitos. No primeiro, levantam-se questões a respeito da validade do uso desse tipo de material em sala de aula e de como ele pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Castro (1988) afirma que *ao ser fiel ao currículo escolar, os programas tendem a tornar-se mais rasos e a usar pouco os imensos potenciais do computador. Mas ao voarem mais alto, perdem o seu vínculo com as sequências tradicionais da escola, criando-se dificuldades para o uso cotidiano.*

Há vários tipos de *software*, com diferentes metodologias que podem auxiliar o professor e, em todas, a interação do aluno com o professor e o *software* deve proporcionar conhecimento e aprendizagem. O *software* deve exercer a importante função não apenas de transmitir conhecimento, mas de incentivar o aluno a estudar e agir nos processos cognitivos para que a criatividade e as inteligências sejam desenvolvidas. Dentre os principais tipos de *software* existentes para a prática do ensino são destacados: tutorial, jogos, simulação, exercício-e-prática, editores de textos, banco de dados, planilhas eletrônicas, gráfico, autoria, apresentação e programação (TAJRA, 2002), conforme conceituação a seguir:

- **Tutorial:** é a versão computacional da instrução programada, podendo apresentar características de animação, som e avaliação do aluno, porém, mantém o modelo pedagógico inalterado, pois “é a

versão computadorizada do que já acontece em sala de aula”. O *software* apresenta perguntas e o aprendiz responde, em seguida é processado o resultado, verificando o entendimento do aprendiz (VALENTE, 1997).

- **Jogos:** busca a exploração autogerida ao invés da instrução explícita e direta. Tal estratégia de ensino está baseada no argumento de que o educando aprende melhor quando é livre para descobrir e estabelecer relações, sem a diretividade do professor ou do computador. Os jogos buscam também resgatar o caráter lúdico do aprender, o que motiva e estimula a criança de forma bastante positiva.
- **Simulação:** consiste na criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real. A vantagem da simulação é permitir a reprodução de fenômenos do mundo real, como experimentos, uso de objetivos perigosos, reações químicas, podendo também representar situações como desastres ecológicos, cirurgias, explosões nucleares, etc.
- **Exercício-e-prática:** *software* cujo objetivo é revisar material visto em classe, principalmente os que envolvem memorização e repetição. A vantagem desse tipo de *software* é facilitar o manuseio por alunos e professores de uma infinidade de exercícios, que podem ser propostos ao aluno de acordo com o seu grau de conhecimento e interesse.
- **Editores de texto:** facilitam a criação e o gerenciamento de arquivos eletrônicos de palavras (texto). Substitutos da máquina de datilografia, esse tipo de aplicativo é o mais popular do SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados.

- **Banco de dados:** também designados pela sigla SGBD, são aplicações que permitem gerir tabelas de dados (banco de dados). Os SGBDs atuais permitem adicionar ao gerenciamento tradicional de dados (texto e números), imagens e sons.
- **Planilha eletrônica:** são normalmente utilizadas para a realização de cálculos numéricos e correspondente à criação de gráficos. As suas áreas de aplicação são muito vastas, abrangendo desde um eventual mapa para cálculo das despesas domésticas até complexas análises financeiras.
- **Software gráfico:** *software* que permite a elaboração de desenhos e produções artísticas. Dessa forma, permitem ao aluno criar desenhos de acordo com sua imaginação, tornando possível estimular no aluno o desenvolvimento das habilidades pictóricas (TAJRA, 2002).
- **Software de autoria:** esses proporcionam desenvolvimento de produções com recursos de multimídia sem grandes complicações. Possui como objetivo o fácil desenvolvimento de tutoriais, permitindo aos professores que não possuem amplo conhecimento em informática, implementar *software* educativo de qualidade (OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA, 2001).
- **Software de apresentação:** utilizado na produção de *slides* e transparências em palestras e salas de aulas, porque contam com recursos de visualização. Com esses *softwares*, os alunos podem exibir trabalhos em forma de apresentação no próprio computador, diferentemente de entregar textos impressos.
- **Software de programação:** permite a construção dos aplicativos e do próprio *software* básico. A partir de comandos e funções de cada linguagem, o

programador pode criar qualquer tipo de *software*. Programar o computador é “dizer-lhe” exatamente o que fazer, colocando as instruções em uma sequência lógica, adequada à resolução do problema.

2.4 Hipermídia e multimídia

O termo multimídia se refere à apresentação e recuperação de informações que se faz com o auxílio do computador, de maneira multissensorial, intuitiva e interativa. Utilizam-se, como o termo já diz, vários meios de apresentação da informação: texto, vídeo, som, gráfico, desenho, animação, locução, trilha sonora. Há uma distinção entre os tipos de sistemas de apresentação da informação quanto aos seus atributos: a mídia que varia no tempo (*time-varying media*) ou como é popularmente conhecida, mídia dinâmica e a mídia que usa telas estáticas (*still-frame media*) ou mídia estática como é conhecida. Os sistemas de apresentação que variam no tempo usam as mídias dinâmicas: som, vídeo e animação, e os estáticos usam apenas texto e imagens (BLATTNER & DANNENBERG, 1992). Multimídia é uma nova tecnologia, portanto, que se utiliza de “multimeios” como forma de comunicação, informação e formação.

Durante vários séculos, a tecnologia da escrita foi o livro impresso que dominou os coletivos sociais, instituindo a forma linear e sequencial de leitura e aprendizado. O século XX, marcado pelas inovações, oportunizou o surgimento de vários inventos, teorias, descobertas revolucionárias, recursos tecnológicos, dentre eles, o computador. Esse possibilitou a criação de uma nova tecnologia da escrita: o hipertexto. Esse termo já em 1960 era definido como “escrita não-sequencial que permite ao leitor escolher múltiplos caminhos e acessar informações em cadeia através da tela do computador em tempo real” (SYNDER *apud* PEREIRA, 2000).

Não é necessária muita perspicácia para constatar as dimensões atingidas pela informática e as mudanças causadas por

ela, em qualquer ambiente. Percebe-se que a informática conquistou espaço importante e inigualável no seio da sociedade. A ausência da informática pode significar atraso ou subdesenvolvimento, enquanto a sua presença traduz ascensão social e desenvolvimento. Essa espetacular invenção veio mudar definitivamente os rumos da sociedade e do conhecimento. As informações sequenciais e lineares cedem, gradativamente, lugar aos sistemas hipermídia: A hipermídia é um sistema de armazenamento de informação numa rede de nós multimídia conectados através de *link's* ou, ainda, uma união entre o hipertexto e a multimídia. Esses sistemas se tornaram muito populares devido a sua capacidade de organizar e manipular informações estruturadas de forma não linear e exploração livre pelo usuário.

Um ambiente hipermídia voltado para a aprendizagem, além da multiplicidade de estilos de ensino, deve possuir múltiplas formas de aprendizagem (experiências, exploração, preparação, treinamento, etc) e sua interface deve permitir a manipulação de objetos, (SCHNEIDER, 1993).

O hipertexto ou a multimídia interativa são adequados particularmente aos usos educativos. É bem conhecido o papel fundamental do envolvimento pessoal do aluno no processo de aprendizagem. Quanto mais ativamente uma pessoa participar da aquisição de um conhecimento, mais ela irá integrar e reter aquilo que aprender. A multimídia interativa, graças à sua dimensão reticular ou não linear, favorece uma atitude exploratória ou mesmo lúcida, em face do material a ser assimilado. É um instrumento bem adaptado a uma pedagogia ativa, afirma Levy (1993). Segundo Campos (1997), as aplicações hipermídia podem adotar diferentes modelos de aprendizagem, tais como: descoberta imprevista, aprendizagem por descoberta, navegação guiada, navegação por caminhos hierárquicos e navegação por apresentação sequenciada de informações.

Na descoberta imprevista, a aprendizagem é não planejada, nenhuma instrução está envolvida diretamente e a busca é livre na Internet; a descoberta de exploração livre tem os macro-objetivos

fixados e os alunos são livres para explorar métodos, subobjetivos, etc, na descoberta guiada, os objetivos de cada passo da aprendizagem são fixados e o aluno é livre para explorar métodos, mas como guia e ajuda em cada estágio sendo suas hiperfórmulas direcionadas aos interesses dos alunos.

Segundo Machado (1997), a hiperfórmula é um importante instrumento utilizado no sentido de melhorar a qualidade educacional. O uso de sistemas hiperfórmula com objetivos educacionais e de treinamento se caracteriza como uma nova e potencial área de pesquisa e aplicação de recursos computacionais. A hiperfórmula contribui decisivamente para a qualidade nos ambientes educacionais, pois quando a informação apresentada envolve muitos dos sentidos do aprendiz (de maneira multissensorial, integrada, intuitiva e interativa) ela é retida por mais tempo (EBERSPACHER, 1998).

3. MODELAGEM DO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E SUA INTERDISCIPLINARIDADE

Neste capítulo é estabelecida uma relação entre a interdisciplinaridade e os conteúdos no ensino de Física. Em seguida, serão detalhados os procedimentos de desenvolvimento e implementação do *software* TermoL@b. Segue-se a interface gráfica do ambiente com suas experiências virtuais e o desenvolvimento do sistema baseado na especificação de requisitos por meio da linguagem de modelagem gráfica UML.

3.1 O Ensino de física interdisciplinar

Em alguns casos, o ensino de Física tem sido realizado mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores. Dessa forma, privilegia-se a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual

que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos (VASCONCELOS, 2007).

É preciso rediscutir qual física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. É uma questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara.

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdos, mas, sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem, apresentando a Física de forma que o significado possa ser percebido pelo aluno no momento em que ele aprende e não em um momento posterior ao aprendizado.

Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo saber da Física, em sua dimensão conceitual, o conhecimento volta-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos tecnológicos de interesse, agora com um novo olhar, como o exercício de utilização do novo saber adquirido. Portanto, o conhecimento da Física “em si mesmo” não basta como objetivo, mas deve ser entendido, sobretudo, como um meio, um instrumento para a compreensão do mundo, podendo ser prático, mas permitindo ultrapassar o interesse imediato.

A Física tem uma maneira própria de lidar com o mundo que se expressa, não só através da forma como representa, descreve e escreve o real, mas, sobretudo, na busca de regularidades, na conceituação e quantificação das grandezas, na investigação dos fenômenos, no tipo de síntese que promove. Aprender essa maneira de lidar com o mundo envolve competências e habilidades específicas relacionadas à compreensão e investigação em Física.

Contudo, para que de fato possa haver uma apropriação desses conhecimentos, as leis e princípios gerais precisam ser desenvolvidos passo a passo, a partir dos elementos próximos, práticos e vivenciais.

É essencial também trabalhar com modelos, introduzindo-se a própria ideia de modelo, através da discussão de modelos microscópicos. Para isso, os modelos devem ser construídos a partir da necessidade explicativa de fatos, em correlação direta com os fenômenos macroscópicos que se quer explicar. Por exemplo, o modelo cinético dos gases pode ajudar a compreender o próprio conceito de temperatura ou processos de troca de calor.

Tomando como exemplo a termodinâmica que investiga fenômenos que envolvem o calor, trocas de calor e de transformação da energia térmica em mecânica, esse conteúdo abre espaço para uma construção ampliada do conceito de energia. Nessa direção, a discussão das máquinas térmicas e dos processos cíclicos, a partir de máquinas e ciclos reais, permite a compreensão da conservação da energia em um âmbito mais abrangente. O estudo do calor pode desenvolver competências para identificar e avaliar os elementos que propiciam conforto térmico em residências, tipo de iluminação e ventilação. Pode, também, promover competências para lidar com fenômenos como efeito estufa, diminuição na camada de ozônio e aquecimento global. (PCN, 2002).

Em seu processo de construção, a Física desenvolveu uma linguagem própria para seus esquemas de representação, composta de símbolos e códigos específicos. Reconhecer a existência mesma de tal linguagem e fazer uso dela constitui-se competência necessária, que se refere à representação e comunicação.

O caráter altamente estruturado do conhecimento físico requer uma competência específica para lidar com o todo, sendo indispensável desenvolver a capacidade de elaborar sínteses, através de esquemas articuladores dos diferentes conceitos, propriedades ou processos, através da própria linguagem da Física.

Perceber dimensões históricas e sociais corresponde também ao reconhecimento da presença de elementos da Física em obras literárias, peças de teatro ou obras de arte.

Essa percepção do saber físico como construção humana constitui-se condição necessária, mesmo que não suficiente, para que se promova a consciência de uma responsabilidade social e ética. Nesse sentido, deve ser considerado o desenvolvimento da capacidade de se preocupar com o todo social e com a cidadania. Devem ser promovidas as competências necessárias para a avaliação da veracidade de informações ou para a emissão de opiniões e juízos de valor em relação a situações sociais nas quais os aspectos físicos sejam relevantes.

3.2 Interdisciplinaridade no Ensino Médio

Nas últimas décadas, a pesquisa científica tem-se caracterizado pela colaboração, não só de pesquisadores de uma mesma área, mas também de áreas distintas. A interdisciplinaridade, entendida como uma articulação de elementos através de uma axiomática comum de disciplinas conexas, permite definir um nível hierárquico imediatamente superior. Esse sistema interdisciplinar é composto por dois níveis: o das **disciplinas**, que sustentam de forma coordenada um novo nível superior (outro nível), que pode se caracterizar como uma **nova disciplina** ou **novos ramos** de pesquisa. No caso das ciências, a maioria dessas novas disciplinas têm dado ênfase a objetos cuja análise tradicionalmente limita-se a áreas específicas do conhecimento, como a Física, Biologia, Química, Sociologia ou Psicologia.

A articulação entre áreas, no Ensino Médio, exige uma sintonia de tratamentos metodológicos e pressupõe a composição do aprendizado de conhecimentos disciplinares com o desenvolvimento de competências gerais (PCN, 2002).

O conceito de interdisciplinaridade fica mais claro quando se considera o fato trivial de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de

questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos.

Tendo presente esse fato, é fácil constatar que algumas disciplinas se identificam e se aproximam, outras se diferenciam e se distanciam, em vários aspectos, dentre os quais se destacam: pelos métodos e procedimentos que envolvem, pelo objeto que pretendem conhecer ou ainda pelo tipo de habilidades que mobilizam naquele que a investiga, conhece, ensina ou aprende.

A interdisciplinaridade também está envolvida quando os sujeitos que conhecem, ensinam e aprendem, sentem necessidade de procedimentos que, numa única visão disciplinar, podem parecer heterodoxos, mas fazem sentido quando chamados a dar conta de temas complexos. Se alguns procedimentos artísticos podem parecer profecias na perspectiva científica, também é verdade que ao fato do cogumelo resultante da explosão nuclear também explica, de um modo diferente da Física, o significado da bomba atômica.

Nessa multiplicidade de interações e negações recíprocas, a relação entre as disciplinas tradicionais pode ir da simples comunicação de ideias até a integração mútua de conceitos diretores, da epistemologia, da terminologia, da metodologia e dos procedimentos de coleta e análise de dados. Ou pode efetuar-se, mais singelamente, pela constatação de como são diversas as várias formas de conhecer o que é importante para que os alunos aprendam a olhar o mesmo objeto sob perspectivas diferentes.

É importante enfatizar que a interdisciplinaridade supõe um eixo integrador que pode ser o objeto de conhecimento, um projeto de investigação, um plano de intervenção. Nesse sentido, ela deve partir da necessidade sentida pelas escolas, professores e alunos de explicar, compreender, intervir, mudar, prever, algo que desafia uma disciplina isolada e atrai a atenção de mais de um olhar, talvez vários. Explicação, compreensão, intervenção, são processos que requerem um conhecimento que vai além da descrição da realidade e mobiliza competências cognitivas para deduzir, tirar inferências ou fazer previsões a partir do fato observado (MELLO, 1998).

Para o entendimento dessa nova forma de ação pedagógica, torna-se imprescindível que o professor compreenda os princípios que norteiam a proposta interdisciplinar sendo de totalidade, de pesquisa, da busca do novo, da sistematização, da consciência crítica e da compreensão de que um fato não existe isolado do outro. Mediante a compreensão desses princípios, o professor deverá assumir uma proposta que permita articular a vida escolar em torno do aluno, não se tratando apenas de transmitir conteúdos isolados, mas aproximar-se do conhecimento científico associado a sua prática social. Nesse contexto podemos interagir todos os assuntos relacionados à Terminologia e às demais ciências como Biologia, Química, Meteorologia, Agronomia, Matemática, além das próprias questões ligadas ao Meio Ambiente.

Assim, ao traçarmos os objetivos da interdisciplinaridade, destacamos a promoção da superação relacionada à visão restrita de mundo e à comparação da complexidade da realidade, ao mesmo tempo, resgatando a centralidade do homem na realidade e na produção do conhecimento; a busca da superação relacionada à visão fragmentada de produção do conhecimento e o estabelecimento do sentido da unidade na diversidade, mediante uma visão de conjunto que permita ao homem fazer sentido dos conhecimentos, de tal modo que possa encontrar a identidade do saber, na multiplicidade dos conhecimentos.

Segundo Fazenda (1994), *interdisciplinaridade é um termo utilizado para caracterizar a colaboração existente entre disciplinas ou entre setores heterogêneos de uma mesma ciência. Caracteriza-se por uma intensa reciprocidade nas trocas visando um enriquecimento.*

Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e

utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos.

Portanto, no currículo do Ensino Médio, a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de uma abordagem relacional, em que se propõe que, por meio da prática escolar, sejam estabelecidas interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência.

Conhecimentos selecionados tendem a se perpetuar nos rituais escolares, sem passar pela crítica e reflexão dos docentes, tornando-se, dessa forma, um acervo de conhecimentos quase sempre esquecidos ou que não se consegue aplicar, por se desconhecer suas relações com o real.

A integração dos diferentes conhecimentos pode criar as condições necessárias para uma aprendizagem motivadora, na medida em que ofereça maior liberdade aos professores e alunos para a seleção de conteúdos mais diretamente relacionados aos assuntos ou problemas que dizem respeito à vida da comunidade. Todo conhecimento é socialmente comprometido e não há conhecimento que possa ser aprendido e recriado se não se parte das preocupações que as pessoas detêm. O distanciamento entre os conteúdos programáticos e a experiência dos alunos certamente responde pelo desinteresse e até mesmo pela deserção que constatamos em nossas escolas. Assim a interdisciplinaridade, vista nessa ferramenta computacional de auxílio ao professor, pretende tratar os assuntos de forma interativa por meio de experimentos virtuais. Tomando como exemplo os fenômenos El Niño e La Niña, o estudante aprende que tais fenômenos possuem relação com os problemas climáticos de excesso e falta de chuva no Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil até então pouco explorados nos conteúdos programáticos de Física do Ensino Médio. Outro aspecto destacado no *software* é a ocorrência do aumento gradativo das temperaturas no planeta Terra, nitidamente a partir do século XX, porém de forma mais exacerbada no decorrer dos últimos trinta anos. Esse aumento é detectável, quando as temperaturas do ar nos dois hemisférios, embora com predominância

do hemisfério norte, como ainda em função de aumento nítido e progressivo das temperaturas das águas oceânicas, tudo isto envolvendo em seu conjunto o fenômeno designado como aquecimento global (XAVIER, 2007).

3.3 Desenvolvimento e animação em flash

A ferramenta proposta neste trabalho foi desenvolvida utilizando-se do Tutorial *Flash* que através do seu programa gráfico vetorial cria animações interativas e auxiliam o processo de criação de páginas *Web*.

Os arquivos executáveis gerados pelo *Flash*, chamados de *SWF* (*Shockwave Flash File*), podem ser visualizados em uma página *Web*, usando um navegador *Web*, ou utilizando-se o *Flash Player*. Os arquivos feitos em *Flash* são comumente utilizados para propaganda animada (*banners*) em páginas *Web*, mas não se limitando a isso, pois há também em abundância vários jogos e apresentações dos mais variados tipos utilizando tecnologia *Flash* na Internet. Pode-se dizer que sua expansão se deu de simples animações para também uma ferramenta de desenvolvimento de aplicações completas através de avanços na linguagem *ActionScript* que é a linguagem de programação utilizada em aplicações *SWF*.

Animação é o processo no qual cada quadro de um filme é produzido individualmente. Quando os quadros são ligados e o filme resultante é visto a uma velocidade de 16 ou mais quadros por segundo, há uma ilusão de movimento contínuo (por causa da persistência da visão). Gerar tal filme é um trabalho intensivo, apesar de que o desenvolvimento de animação digital aumentou a velocidade do processo. O formato gráfico *Flash* permite que a animação seja vista por toda a internet.

Como a animação consome muito tempo é sempre muito cara para ser produzida, a maioria das animações para a TV e o cinema vem de estúdios profissionais. Diversos produtores de animação independente acabaram entrando na indústria profissional posteriormente. A história da animação de filme começou nos

primeiros momentos do cinema mudo e continua até o presente dia. Por outro lado, o primeiro desenho animado foi do francês Émile Reynaud que criou o praxynoscópio, sistema de animação de 12 imagens e filmes de aproximadamente 500 a 600 imagens em meados de outubro de 1892.

Portanto pode-se dizer que o *Tutorial Flash* fornece orientações sobre o processo de criação de uma experiência atraente da *Web* onde é possível realizar as seguintes tarefas:

- Analisar um filme completo;
- Definir as propriedades do documento e criar um gradiente;
- Criar e mascarar arte vetorial;
- Interpolar efeitos de *bitmap* em um clipe de filme;
- Carregar texto dinâmico;
- Modificar botões e adicionar navegação;
- Testar e publicar o filme.

3.4 Arquitetura da ferramenta

A arquitetura de uma ferramenta computacional hipermídia deve seguir suas características teóricas e técnicas ligadas aos seus objetivos para satisfazer seus fins educacionais.

O aspecto fundamental da especificação de requisitos do ambiente hipermídia aqui desenvolvido está centrado no relacionamento de elementos teóricos a características do sistema, com vistas à materialização deles. A “navegação guiada” (Quadro 4.1) discute características técnicas relacionadas com o assunto.

Elementos teóricos do <i>design</i> instrucional	Características técnicas
Oferecer contextos apropriados para que os alunos possam expressar um conjunto de concepções espontâneas alternativas.	Discussão de situações físicas utilizadas nas pesquisas de concepções espontâneas.
Tirar proveito da representação do conhecimento do aluno como um elemento de aproximação da representação científica do conhecimento.	Interação com o sistema através da representação do conhecimento do aluno.
Possibilitar a criação e verificação de modelos intelectuais por parte do aluno.	Simulação de modelos físicos a partir dos dados fornecidos pelo aluno
Enfatizar a sistematicidade e consistência do conhecimento científico a ser desenvolvido sobre as re-experiências.	Discussão de situações físicas diferentes, mas que se baseiam nas mesmas leis físicas.
Investigar a consistência do conhecimento do aluno, colocando-o à frente de diferentes formas de apresentação de problemas semelhantes.	Discussão de situações físicas diferentes, mas que se baseiam nas mesmas leis físicas.
Possibilitar a identificação de sucessos parciais dos alunos, a fim de serem emendados ao longo da discussão	Apresentação da animação que tenta aliar a concepção do aluno à científica.
Fornecer melhores modelos de entendimento qualitativo e sua relação com a resolução de situações.	Abordagem qualitativa do conteúdo e discussão qualitativa do conhecimento do aluno.
Priorizar a discussão em relação à confrontação como estratégia instrucional	Apresentação de uma sequência de argumentos que pretende simular uma discussão a partir da interação do aluno com o sistema.

Quadro 4.1 - Características técnicas do ambiente hipermídia (Navegação Guiada)

Outro conjunto de elementos teóricos (Quadro 4.2) leva o usuário à chamada “navegação livre”, cujas características do sistema são exploradas através da ligação conceitual entre os nós (PIMENTEL, 2001).

Elementos teóricos do <i>design</i> instrucional	Características técnicas
Empregar casos e exemplos ricos.	Apresentação de textos, gráficos e animações de conceitos físicos, leis e situações físicas.
Ligar conceitos abstratos a exemplos.	Apresentação dos conceitos e leis feita a partir dos exemplos.
Enfatizar a natureza interligada e a estrutura da teia do conhecimento.	Uso de palavras-chave e botões para ligar as informações.
Encorajar a reunião do conhecimento a partir de diferentes casos conceituais	Reunião do conhecimento a partir das ligações entre os nós do sistema.
Promover a aprendizagem significativa	Alto grau de controle do aluno sobre o sistema.

Quadro 4.2 – Características técnicas do ambiente hipermídia (Navegação Livre)

3.4.1 Ensino de Física pelo computador: software termoL@b

Atualmente diversos trabalhos apontam o importante papel da Informática no Ensino de Física, sendo utilizada em medições, gráficos, avaliações, apresentações, modelagens, animações e simulações (REUCH, 1996; KOCIJANCIC, 1996; ROGERS, 1996; MARINO, VIOLINO & CARPIGNANO, 1996; MARTINS, PEREIRA & MARTINS, 1996; dentre muitos outros pesquisadores). Esses autores, ao defenderem o uso da informática no ensino de Física têm alegado que, apesar de existirem dúvidas sobre vantagens reais do uso do computador para o desenvolvimento da personalidade, a sua utilidade no campo educacional do desenvolvimento do pensamento lógico da Física seria inquestionável (VRANKAR, 1996). Entretanto, esses pesquisadores também apontam que equívocos na confecção dos *softwares* devidos a certa falta de cuidado ou mesmo a uma falta de conhecimento em Física podem ocorrer e conduzir as crianças a pensarem de modo incorreto e conseqüentemente a não compreenderem a natureza.

Em uma reflexão mais profunda, podemos afirmar que a utilização do computador no ensino não garante que os estudantes

tenham boa qualidade de aprendizagem. Como aponta Pinto e Gómez (1996), toda experiência educacional proposta aos estudantes tem, intencionalmente ou não, uma abordagem que corresponde a esquemas conceituais, epistemológicos, pedagógicos e psicológicos. Dentre as propostas existentes, destaca-se a utilização de materiais que apresentem aspectos interdisciplinares, ou seja, no sentido de disponibilizarem recursos que interajam com outras disciplinas e conteúdos deixando assim o ensino de certa matéria rico em contextos que promovam a aprendizagem.

Nesse sentido, recursos computacionais podem ser utilizados como apoio ao trabalho do professor em sala de aula. Esses elementos pedagógicos englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo à realidade virtual, que podem ser classificadas em certas categorias gerais, baseadas fundamentalmente no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador (GADDIS, 2000).

Um dos recursos que mais se destacam no uso do computador são as simulações computacionais. As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginários, de sistemas e fenômenos. Elas podem ser bastante úteis, particularmente quando a experiência original for reproduzida pelos próprios estudantes (MEDEIROS, 2002).

Diversos trabalhos publicados por pesquisadores da área de ensino de Física apontam as potencialidades e a viabilidade no uso pedagógico das simulações computacionais. Trampus & Velenje (1996), por exemplo, desenvolveram um programa para simular linhas de força para diferentes distribuições de cargas. Uma vez tendo o estudante escolhido uma dentre certas distribuições disponíveis e analisado um ponto específico para uma carga de prova, o computador representa graficamente as linhas de força atuando sobre a referida carga de prova.

Outra contribuição semelhante se deu por meio do trabalho de Snoj (1996), que desenvolveu simulações computacionais com o objetivo de fornecer explicações rápidas e simples para o fenômeno da difração. Escolhendo três tipos de aberturas sobre as quais ondas planas incidiam, o computador fornecia imagens dos padrões de

difração obtidos para uma tela distante. Snoj (op. cit.) fez questão de assinalar que os seus experimentos virtuais mostravam uma boa concordância com os resultados de experimentos reais realizados pelos seus estudantes. Esse casamento da realização de experimentos reais e as simulações computacionais têm sido seguidos por muitos pesquisadores e sido alvo de intenso debate (MEDEIROS, 2002).

Em seu trabalho de doutorado, Gaddis (2000) fez um levantamento das principais justificativas apontadas para o uso da informática no ensino de Física. A análise de tais posicionamentos constitui-se em um importante campo de pesquisa da educação científica atual. Segundo Medeiros (2002), dentre tais posicionamentos, podemos destacar os seguintes benefícios, além dos acima apontados, supostamente trazidos pelas simulações computacionais no ensino de ciências: reduzir o “ruído” cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos; fornecer *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente; permitir aos estudantes gerar e testar hipóteses, acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual, dentre outros fatores.

Diante desse cenário inicial de viabilidade do uso do computador no ensino de Ciências, desenvolvemos um *software* a partir de um modelo educativo interdisciplinar voltado ao ensino de Física Térmica, denominado de TermoL@b. Esse ramo da Física foi escolhido, pois diversos pesquisadores como Albert (1978), Erickson (1979) e Clough (1985) apontam dificuldades em ensinar conceitos térmicos devido ao desafio imposto aos alunos em compreender microconcepções experimentais apenas mentalmente.

O *software* TermoL@b é um ambiente computacional interdisciplinar interativo. Ele disponibiliza um conjunto de simulações que podem ser manipuladas pelo usuário em que são abordados conceitos pertencentes à Física térmica. O TermoL@b dispõe de recursos de consulta, permitindo ao usuário navegar através de diversas opções.



Figura 4.1 – Tela inicial do TermoL@b

3.4.2 Principais recursos disponíveis

Ao entrar no ambiente, o usuário terá as opções funcionais de Índice e Sair. Clicando em Sair o *software* é fechado. Porém, caso ele clique em Índice, o ambiente irá exibir uma nova tela com as seguintes opções:

(a) **Interdisciplinaridade** – nessa opção, o ambiente dispõe de dois tópicos: o primeiro refere-se aos Parâmetros Curriculares Nacionais e o Ensino de Física e o seguinte, refere-se à Termologia e sua Interdisciplinaridade.

(b) **Temperatura e Calor** - nessa opção, o ambiente dispõe de um módulo completo na forma de tutorial, apresentando cinco tópicos: o primeiro, refere-se a noções de temperatura e calor; o segundo ao uso e conversão de escalas termométricas; o terceiro à climatologia e desertificação na região Nordeste e sua situação atual; o quarto, noções gerais de hidrologia e no quinto, conceitos fundamentais de calorimetria.

(c) **Fenômenos térmicos** – essa opção trata no primeiro tópico sobre dilatação térmica e no tópico

seguinte, dos tipos de transmissão de calor, ou seja, condução, convecção e irradiação. Ao final desse tópico contextualizam-se tais definições com o exemplo referente ao efeito estufa.

(d) Gases - nesse módulo, são apresentados aspectos referentes à diagrama de fases. São abordados os tópicos de Fusão e Solidificação, Vaporização e Liquefação, Sublimação e Gases.

(e) Termodinâmica - neste módulo, o primeiro tópico trata sobre uma breve introdução à termodinâmica, o segundo, à energia interna de um gás, o terceiro à Primeira Lei da Termodinâmica e o quarto e último tópico refere-se à Segunda Lei da Termodinâmica.

(f) Aplicação - nesse módulo, são apresentados os seguintes tópicos: o conforto térmico, a biometeorologia, termografia e criocirurgia e a termometria cutânea. Sua proposta principal é ilustrar algumas aplicações referentes à medicina de conceitos da termologia em geral, dessa forma justificando a importância do estudo da Física Térmica.

(g) Exercícios – nessa opção, o ambiente apresenta um conjunto de atividades e exercícios que podem ser trabalhados pelo professor em sala de aula. Sugere-se o uso desses exercícios, após o estudo dos conceitos dos módulos apresentados anteriormente.

(h) Experiências - nessa opção, disponibiliza-se um conjunto de seis experiências virtuais por meio de simulação em *Flash*, dos seguintes conceitos: Dilatação Térmica, Condução Térmica, Termometria e Escalas Termométricas, Leis da Termodinâmica com a Transformação Isobárica e, por último, um experimento virtual de Calorimetria. Nas sessões seguintes, serão apresentados detalhadamente cada um dos experimentos descritos.

(i) **Práticas** – a última opção disponível no ambiente apresenta o conjunto de onze práticas que ilustram conceitos de Física Térmica e que podem ser confeccionados utilizando materiais de baixo custo. Os experimentos sugeridos são os seguintes: comportamento dos átomos de um gás, água fria e água quente, termômetro de água, queima de balões sem estouro, balão cheio de boca aberta, câmara de ar de pneus, absorção de calor, usina térmica, aquecedor solar e efeito estufa, dilatação dos líquidos e o calorímetro.

3.4.3 Outras opções

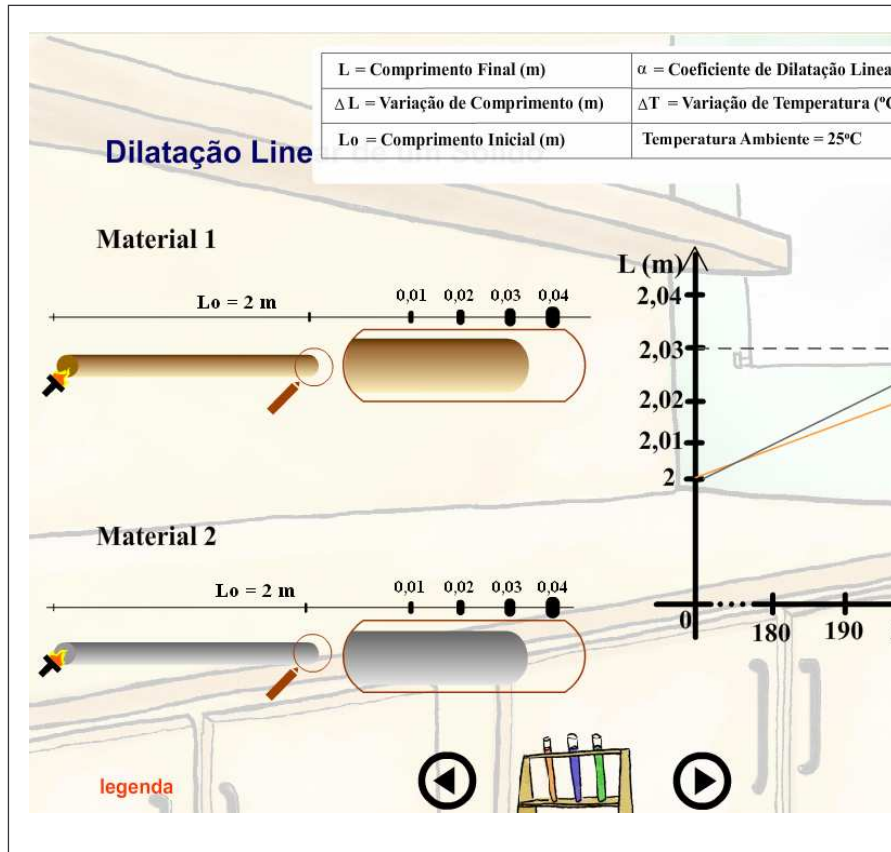
Além das opções apresentadas na sessão anterior, o ambiente AVAC possui ainda recursos de navegação, tais como:

- (a) Opção de Avançar – ao longo de todas as telas, o usuário poderá avançar para qualquer módulo sempre que desejar;
- (b) Opção de Retornar – além de avançar, o usuário poderá, sempre que desejar retornar para recursos anteriores, sem precisar inicializar o *software*;
- (c) Opção Sair – o usuário do ambiente terá a sua disposição o botão fechar, que fica disponível em todas as sessões do ambiente, para fechar o *software* em qualquer instante, caso deseje;
- (d) *Links* – na tela inicial de abertura, no canto superior esquerdo e direito o ambiente disponibiliza *Links* para o *site* das duas instituições parceiras no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, que são: a Universidade Estadual do Ceará- UECE e o Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará.

3.4.4 Interface gráfica

Na Figura 4.2, apresenta-se a interface gráfica do experimento virtual I que será devidamente modelado em UML na sessão seguinte:

Figura 4.2 – Interface gráfica do experimento virtual I



Esse experimento trata do conceito térmico de dilatação linear. Sua tela disponibiliza duas barras sólidas que podem ser definidas pelo usuário com tipos de diferentes materiais tais como

ferro, cobre, zinco e platina. Dessa forma, é possível alterar o comprimento das barras. Quando o usuário realiza essa ação, é gerado um gráfico do comprimento da barra em função de sua temperatura. A proposta pedagógica dessa experiência é permitir ao aluno descobrir o coeficiente de dilatação linear do material.

Outra característica pedagogicamente relevante que podemos destacar é que, além dos experimentos virtuais presentes no ambiente, disponibilizam-se também informações interativas que destacam as relações entre o conteúdo físico teórico estudado e suas importantes aplicações com outras ciências.



Figura 4.3 – Abordagem sobre aquecimento global e mudanças climáticas

Tomamos como exemplo a importância na compreensão da calorimetria para o entendimento de situações referentes ao problema do aquecimento global. O ambiente proposto permite ao aluno um

diferencial, pois além de tratar do conceito físico, apresentando suas definições e características, também são abordados aspectos interdisciplinares acerca dessa temática.

O TermoL@b dispõe de um ambiente que disponibiliza ao aluno leituras complementares que analisam criticamente aspectos frequentados pela mídia, referentes a alguns exageros no que concerne à perspectiva sobre o aquecimento global e às consequências que daí possam advir.

Outro exemplo de tema interdisciplinar destacado no *software* é a aplicação dos conceitos de calorimetria na Biomedicina por meio da Termografia (Figura 4.4). A Termografia ou Termovisão, como algumas vezes é denominada, é a técnica de monitoramento de imagens baseada na detecção da radiação infravermelha emitida por um corpo. Com essa técnica podemos correlacionar a intensidade da radiação infravermelha (para uma determinada faixa de comprimento de onda) com a temperatura de pontos ou regiões de uma superfície e, assim, medir de modo remoto a temperatura de um corpo. A partir da década de 60 a tecnologia de infravermelho (lentes, detectores) desenvolvida para fins militares pode ser utilizada para aplicações médicas e industriais. No entanto, devido ao seu alto custo e dificuldade do processamento de imagens, ela pode ser apenas utilizada em poucas aplicações específicas. A partir de meados dos anos oitenta, com o advento da tecnologia de confecção de materiais semicondutores, utilizaram-se computadores mais velozes e de *softwares* mais poderosos, a Termografia pode ser amplamente aplicada na solução de diversos problemas, quer no setor industrial como na área médica. Na área médica, a Termografia é utilizada em diversos diagnósticos de enfermidades como câncer de seios, câncer de pele, lesão por esforço repetitivo (L.E.R.).

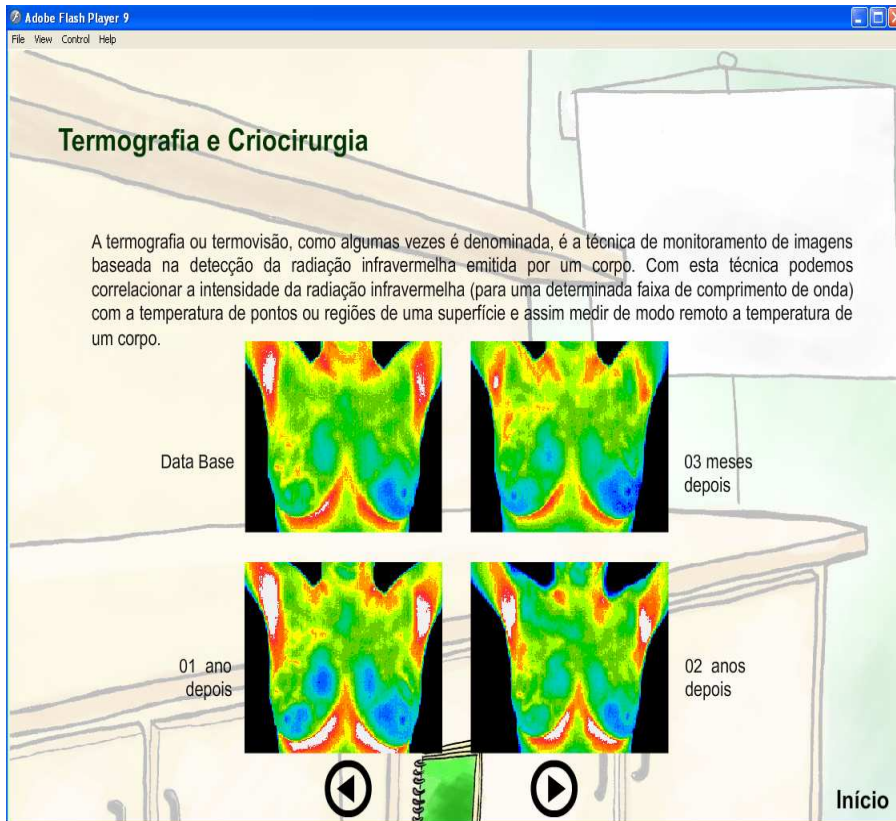


Figura 4.4 – Aplicações da termologia em Medicina.

Na Figura 4.5 pode-se ver a tela do Experimento de condução térmica que, assim como a anterior e as demais que se seguem, foi modelada a partir da análise dos seus requisitos utilizando a UML.



Figura 4.5 – Experimento II – Lei de Fourier

Nesse experimento o *software* busca exemplificar a Lei de Fourier, através do fluxo de calor que atravessa uma chapa de diferentes materiais, relacionando com suas respectivas propriedades físicas.

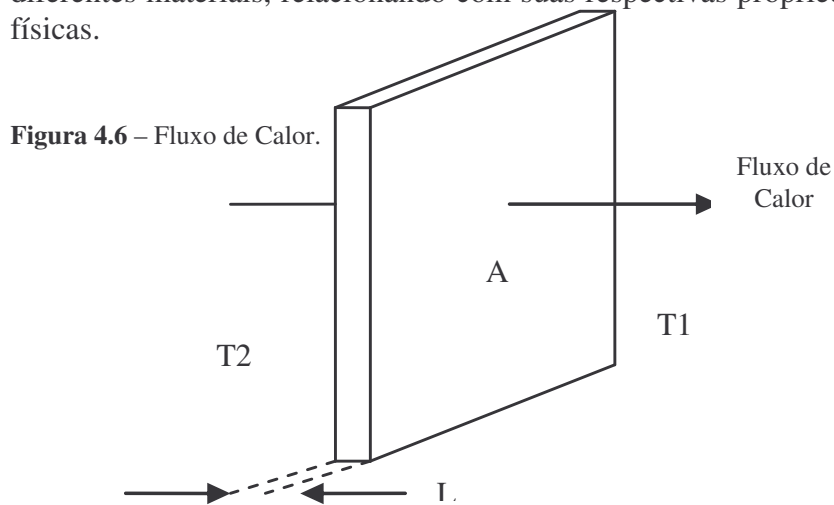


Figura 4.6 – Fluxo de Calor.

O fluxo de calor (ϕ) através das faces acima é definido por:

$$(\phi) = Q/\Delta T$$

Onde: $T_2 > T_1$, A: área das faces.

Essa Lei relaciona-se à situação física estudada quando uma quantidade de calor Q atravessa um sólido, como mostrado na figura, num determinado intervalo de tempo Δt , devido as suas faces possuírem diferentes temperaturas (T_1 e T_2). Esse sólido poderia ser, por exemplo, a porta de uma câmara frigorífica.

Quando o fluxo de calor é constante, a temperatura em cada ponto não varia com o tempo e dizemos ter um regime estacionário de condução. Nessa situação, o fluxo (ϕ) é diretamente proporcional à área A das faces e à diferença de suas temperaturas $\Delta T = T_1 - T_2$ e inversamente proporcional à medida L da espessura (distância entre as faces). Assim $(\phi) = K \times A \times \Delta T/L$ onde K é a constante de proporcionalidade, denominada coeficiente de condutibilidade térmica. Essa constante caracteriza o material de que é feito o sólido. Os materiais condutores térmicos possuem alto valor para K e os isolantes térmicos um baixo valor.

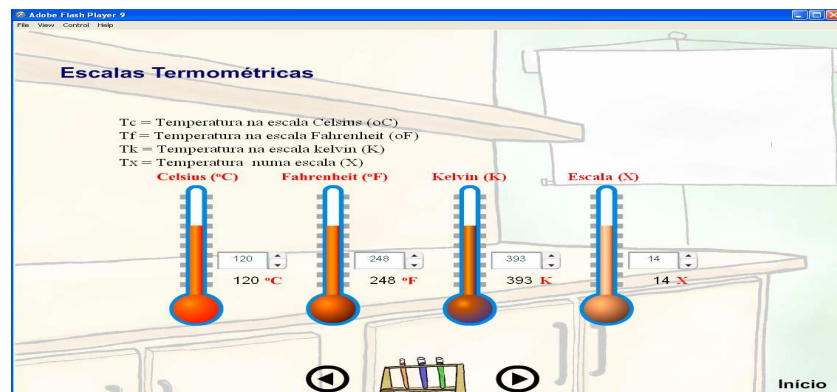


Figura 4.7 – Escalas termométricas.

A figura 4.7 apresenta a interface gráfica do Experimento de Escalas termométricas. Nessa experiência virtual, que também está disponível no ambiente de aprendizagem, um conjunto de escalas interage entre si a partir de uma relação de conversão. Uma mesma temperatura pode ser representada por diferentes valores numéricos quando medida em diferentes escalas termométricas e atualmente podemos citar as indicações em *Celsius*, *Fahrenheit* e *Kelvin* (no século XVIII havia em torno de dezenove), como as mais exploradas didaticamente. Nesse ambiente, o aluno poderá observar interativamente a relação existente entre essas três escalas, além de uma certa escala X.

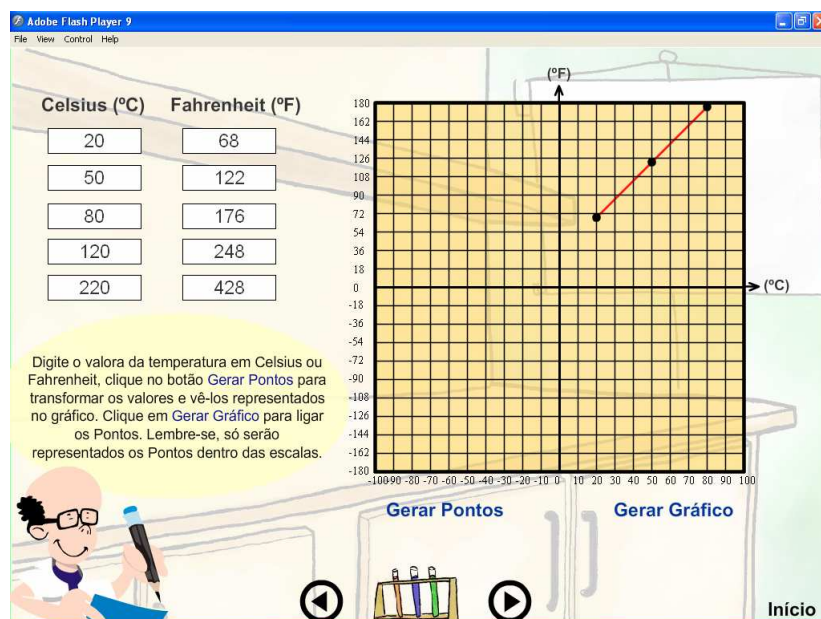


Figura 4.8 – Escalas termométricas – *Celsius x Fahrenheit*.

A figura 4.8 apresenta outro recurso presente no experimento com as Escalas termométricas. Esse recurso permite que os valores da temperatura em *Celsius* ou *Fahrenheit* sejam convertidos entre si. Ao clicar no botão Gerar Pontos, são inseridos no gráfico os pontos que relacionam as duas escalas. Quando o usuário clica em Gerar

Gráfico, os pontos são ligados automaticamente e teremos o gráfico que relaciona as duas escalas.

Relacionando ao Tema das Escalas Termométricas o *software* possibilita o aluno navegar em informações e curiosidades interdisciplinares que motivam seu aprendizado. Dentre essas situações, destaca-se a seção que apresenta a questão O que é Hipotermia? Hipotermia é definida quando a temperatura do corpo humano cai abaixo de 35°C. Vale dizer que essa temperatura, em condições normais, é similar ao valor medido na axila. No entanto, após exercícios extenuantes, por exemplo, a diferença entre essas temperaturas pode atingir mais de 3°C. Assim, os médicos usam termômetros especiais nas vítimas acometidas desse problema. O ambiente destaca uma curiosidade histórica sobre a influência desse problema e sua influência no desfecho de grandes guerras da humanidade. A hipotermia acomete militares, navegadores oceânicos, equipes de resgate, caçadores, esportistas, aventureiros e moradores de rua em áreas urbanas e rurais, que podem sucumbir ao relento (o que acontece infelizmente com muitos indigentes nas cidades brasileiras). É também um problema em grandes catástrofes como inundações e terremotos. Os efeitos do frio intenso sobre a performance humana têm várias passagens na história militar e foi um grande inimigo natural em famosas batalhas da História. Há relatos de que Alexandre, o Grande, foi resgatado certa vez em estado comatoso por hipotermia, ocorrendo o mesmo fato com soldados romanos atravessando os Alpes. Estima-se que Aníbal perdeu aproximadamente 20.000 de seus 46.000 soldados no ano 218 a. C., no norte da Itália. Napoleão perdeu igualmente boa parte de seu exército pela ação do frio e há relatos de que muitos dos soldados sobreviveram se protegendo com "carcaças" de cavalos mortos. Na Primeira Guerra Mundial, os aliados tiveram cerca de 235.000 baixas relacionadas ao frio europeu intenso. Na Segunda Grande Guerra, os americanos e os alemães tiveram cerca de 190.000 soldados lesionados seriamente pelo frio. Na Guerra da Coreia, cerca de 10% dos soldados americanos sucumbiram pelo frio.

Uma das atividades proposta no *software* leva ao aluno a testar diferentes temperaturas para verificar qual delas seria capaz de causar hipotermia. Essa atividade, no entanto é apresentada em escalas térmicas diferentes para que o aluno possa verificar a relação entre as escalas e seus valores numéricos reais de temperatura.

Outra aplicação de conceitos práticos que está presente no ambiente é a abordagem da Biometeorologia (Figura 4.9). Biometeorologia é um ramo da ciência que resulta da ligação entre a Meteorologia, Biologia e ciências médicas. Investiga a influência direta e indireta da atmosfera nos humanos e nos outros organismos vivos. Nessa unidade, veremos quais são essas influências. Nesse tópico o *software* disponibiliza diversos conceitos referentes a esse tema e apresenta algumas curiosidades práticas que relacionam a Física com a Biometeorologia.

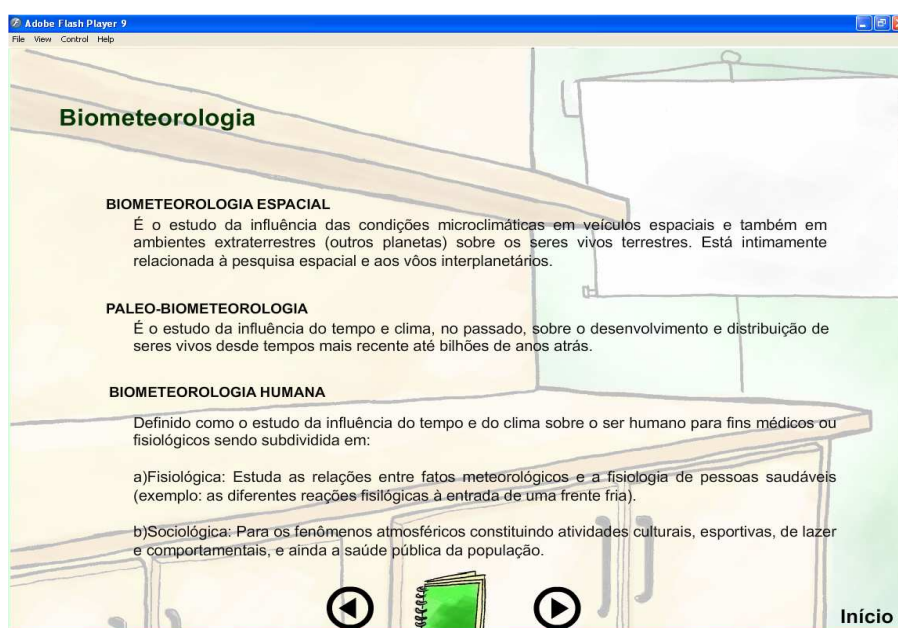


Figura 4.9 – A Biometeorologia

Outros dois experimentos se destacam no TermoL@b: Condução térmica dos sólidos (Figura 4.10 (a)) e Mudando o estado

da água (Figura 4.10 (b)). Nesse primeiro experimento um personagem virtual (a figura de um professor presente no *software*), apresenta o seguinte questionamento na tela: Você sabia que a tendência do calor é passar do corpo de temperatura mais elevada para o de menor temperatura, até que se realize o equilíbrio? A transferência de calor deixa de existir desde que os corpos estejam na mesma temperatura. Nesse experimento, o usuário (aluno) do *software* pode clicar no botão presente na tela para encostar o corpo A (quente) no corpo B (frio). O aluno observa novas cores que os dois blocos adquirem quando o calor passa do corpo de temperatura mais elevada para o de menor temperatura.



Figura 4.10 (a) – Condução térmica dos sólidos

No experimento Mudando o estado da água (Figura 4.10 (b)), ao clicar no botão avançar o aluno inicia o processo de aquecimento de um cubo de gelo fornecendo um fluxo constante de calor (O gelo está inicialmente a -20°C). O usuário acompanha na tela a evolução da temperatura (em graus Celsius) no termômetro. Nesse

experimento virtual é possível observar também que a temperatura se mantém constante durante a fusão e durante a vaporização. Toda mudança de estado é acompanhada de absorção ou de liberação de energia. Na fusão de um sólido e na evaporação de um líquido há recebimento de energia do exterior.

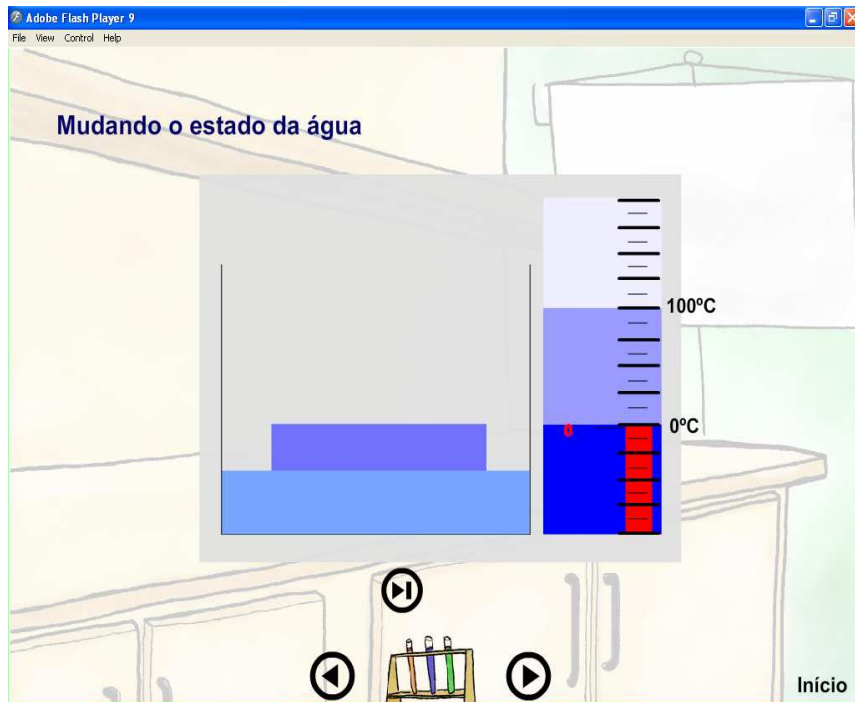


Figura 4.10 (b) – Mudando o estado da água

Dessa forma, percebe-se que o conteúdo teórico disponível no ambiente virtual, parte de uma situação problema, cuja contextualização é ambiental, até chegar ao conceito físico de Trabalho térmico.

A última tela a seguir (Figuras 4.11), trata do conceito de calorimetria e da relação entre as propriedades específicas do material em perder ou absorver calor com facilidade ou dificuldade.

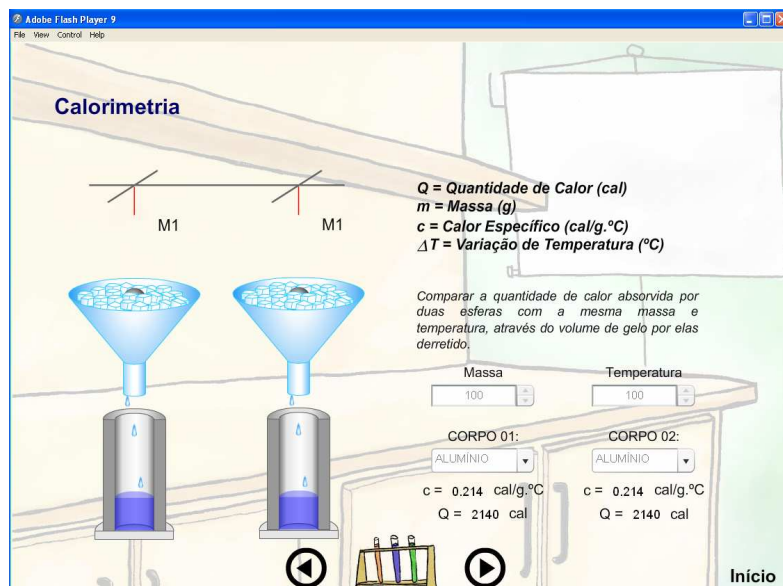


Figura 4.11 – Experimento de Calorimetria.

Durante o experimento realizado no *software* é possível constatar que quando um corpo recebe calor, este não é então armazenado na forma de calor, mas sim na forma de energia térmica (energia cinética) e/ou na forma de energia de agregação de suas moléculas (energia potencial). O mesmo acontece quando o corpo cede calor: ele perde energia cinética e/ou potencial. Assim, um corpo ao ceder ou receber calor pode sofrer uma variação de temperatura e/ou uma mudança no seu estado físico (sólido para líquido, líquido para vapor etc).

Assim podemos definir o calor sensível (Q) como a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo que provoca no mesmo uma variação de temperatura. Com base nessa definição a quantidade de calor sensível Q é dado por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Onde m é a massa do corpo; c representa uma grandeza física cujo valor caracteriza a substância que constitui o corpo tendo como unidade usual $\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$; ΔT é a variação da temperatura.

3.5 Requisitos de *Software*

Requisitos representam, de modo geral, as necessidades do sistema de *software* e as restrições impostas a ele. Um requisito é uma condição ou capacidade necessária para um usuário resolver um problema ou alcançar um objetivo, definindo assim o domínio do problema. Mas a engenharia de requisitos tem um escopo mais abrangente, pois envolve o universo de informações que contextualizam o sistema e todos os *stakeholders*¹ (SOMMERVILLE, 1997).

Um gerenciamento de requisitos cuidadoso é pré-requisito para o sucesso do projeto e a produção de *software* de qualidade. Todos os projetos, desde os menores até os maiores, podem se beneficiar da atenção dada aos requisitos. Entretanto, para muitos projetos, os esforços com requisitos são praticamente inexistentes. Os requisitos são fornecidos verbalmente e não são completamente documentados. Mesmo para pequenos projetos, essa abordagem pode conduzir a erros e produtos que não fazem o que deveriam. Assim, muitas organizações de desenvolvimento de *software* estão melhorando os métodos utilizados para obter, analisar, documentar e gerenciar seus requisitos.

Os requisitos de um sistema definem os serviços que esse deve oferecer e as restrições aplicáveis à sua operação. Tradicionalmente, os requisitos de *software* são classificados em:

- Requisitos funcionais: são as declarações das funções que o sistema deve oferecer, como o

¹

□ **Stakeholder** ou, em Português, **parte interessada** ou **interveniente**, refere-se a todos os envolvidos em um processo, por exemplo, clientes, colaboradores, investidores, fornecedores, comunidade, etc. O processo em questão pode ser de caráter temporário (como um **projeto**) ou duradouro (como o **negócio** de uma empresa ou a **missão** de uma organização sem fins lucrativos). O sucesso de qualquer empreendimento depende da participação de suas partes interessadas e por isso é necessário assegurar que suas expectativas e necessidades são conhecidas e consideradas pelos administradores.

sistema se comporta. O termo função é usado no sentido genérico da operação que pode ser realizada pelo sistema, seja por meio de comandos dos usuários ou pela ocorrência de eventos internos ou externos ao sistema;

- Requisitos não-funcionais: são as restrições nas funções oferecidas pelo sistema. Incluem restrições de tempo, restrições no processo de desenvolvimento, padrões e qualidades globais de um *software*, como desempenho e custos.

A necessidade de se estabelecer os requisitos de forma mais precisa é crítica à medida que o tamanho e a complexidade do *software* aumentam. Os requisitos exercem influência uns sobre os outros. Por exemplo, o requisito de que o *software* deve ter grande portabilidade pode implicar em que o requisito desempenho não seja satisfeito. Levantamentos recentes da comunidade europeia, bem como do *Software Engineering Institute* (SEI) nos Estados Unidos, apontam deficiências na especificação e na gerência de requisitos como os principais aspectos responsáveis pela má qualidade de um *software*. Quando só detectados depois do *software* implementado, erros em requisitos de software são até 20 vezes mais caros de se corrigir que qualquer outro tipo de erro.

Os diversos relacionamentos e restrições que os requisitos exercem uns sobre os outros são muito difíceis de ser controlados. Principalmente, se considerarmos que algumas decisões de projeto (*design*) que afetam um ou mais requisitos só serão tomadas mais adiante, no desenvolvimento. Dessa forma, os requisitos precisam ser gerenciados durante todo o desenvolvimento.

A importância e complexidade dessa atividade levaram ao surgimento, no início dos anos 90, da Engenharia de Requisitos. O objetivo dessa denominação é ressaltar que o processo de definir os requisitos de *software* é uma atividade extremamente importante e independente das outras atividades da engenharia de *software*. Ela requer fundamentação e processos próprios, que devem ser planejados e gerenciados ao longo de todo o ciclo de vida do projeto.

3.5.1 Engenharia de Requisitos e modelagem UML

A Engenharia de Requisitos – ER, no contexto da engenharia de *software*, é um processo que engloba todas as atividades que contribuem para a produção de um documento de requisitos e sua manutenção ao longo do tempo. Esse processo deve ser precedido de estudos de viabilidade que, a partir das restrições do projeto, determinam se esse é ou não viável e se deve prosseguir para a identificação dos requisitos.

O processo de engenharia de requisitos é composto por quatro atividades de alto nível (SOARES, 2005): Identificação, Análise e Negociação, Especificação e Documentação e Validação. Dessa forma, a ER corresponde ao processo de aquisição, refinamento e verificação das necessidades do cliente para um sistema de *software*, objetivando-se ter uma especificação completa e correta dos requisitos. É uma área ampla e multidisciplinar, onde aspectos sociais e humanos desempenham um importante papel.

Essa especificação visa representar os requisitos sob a forma de modelos conceituais (textuais ou em notação gráfica), que descrevam os componentes e o comportamento do sistema de *software* pretendido. A especificação funcional do ambiente virtual de aprendizagem proposta neste trabalho empregou técnicas pertencentes ao método UML - *Unified Modeling Language* (FOWLER, 1997), um método bastante disseminado. A UML é uma linguagem para especificação, documentação, visualização e desenvolvimento de sistemas orientados a objetos. Sintetiza os principais métodos existentes, sendo considerada uma das linguagens mais expressivas para modelagem de sistemas orientados a objetos. Por meio de seus diagramas é possível representar sistemas de softwares sob diversas perspectivas de visualização. A UML facilita a comunicação de todas as pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento de um sistema - gerentes, coordenadores, analistas, desenvolvedores - por apresentar um vocabulário de fácil entendimento. Basicamente, a UML permite que desenvolvedores visualizem os produtos de seu trabalho em diagramas padronizados.

Junto com uma notação gráfica, a UML também especifica significados, isto é, envolve a semântica. A UML tem origem na compilação das "melhores práticas de engenharia" que provaram ter sucesso na modelagem de sistemas grandes e complexos. Sucedeu aos conceitos de Booch, OMT (Rumbaugh) e OOSE (Jacobson) fundindo-os numa única linguagem de modelagem comum e largamente utilizada. A UML pretende ser a linguagem de modelagem padrão para modelar sistemas concorrentes e distribuídos.

Os esforços para a criação da UML tiveram início em outubro de 1994, quando Rumbaugh se juntou a Booch na Rational. Com o objetivo de unificar os métodos Booch e OMT, decorrido um ano de trabalho, foi lançado, em outubro de 1995, o esboço da versão 0.8 do Método Unificado (como era conhecido). Nessa mesma época, Jacobson se associou à Rational e o escopo do projeto da UML foi expandido para incorporar o método OOSE. Nasceu então, em junho de 1996, a versão 0.9 da UML. Atualmente já está disposta a versão 2.0 da UML que descreve 13 tipos de diagramas, conforme quadro 4 abaixo:

<i>Diagramas Estruturais</i>	<i>Diagramas Comportamentais</i>	<i>Diagramas de Interação</i>
Diagrama de Objetos Diagrama de Classes Diagrama de Componentes Diagrama de Instalação Diagrama de Pacotes Diagrama de Estrutura	Diagrama de Caso de Uso Diagrama de Máquina de Estados Diagrama de Atividade	Diagrama de Sequência Diagrama de Interatividade Diagrama de Colaboração Diagrama de Tempo

Quadro 4.3 – Diagramas UML 2.0

O desenvolvimento desse trabalho conta com a modelagem utilizando UML de todo o sistema de aprendizagem virtual colaborativa proposto. Na sessão que se segue apresentaremos a modelagem do sistema, elucidando suas principais características e seus requisitos de maior destaque.

3.6 Modelagem em UML do termoL@B

Anteriormente à fase de desenvolvimento de um novo sistema, ocorre a fase de análise onde são levantados os requisitos do sistema para atender as necessidades do usuário. No caso específico do TermoL@b, não foi feito apenas um levantamento das necessidades junto a um tipo de usuário especificamente, mas foi baseado nos referenciais teóricos apresentados nos capítulos iniciais, além de contar com a experiência do autor deste trabalho como professor de Física no Ensino Médio e Superior.

3.6.1 O termoL@b

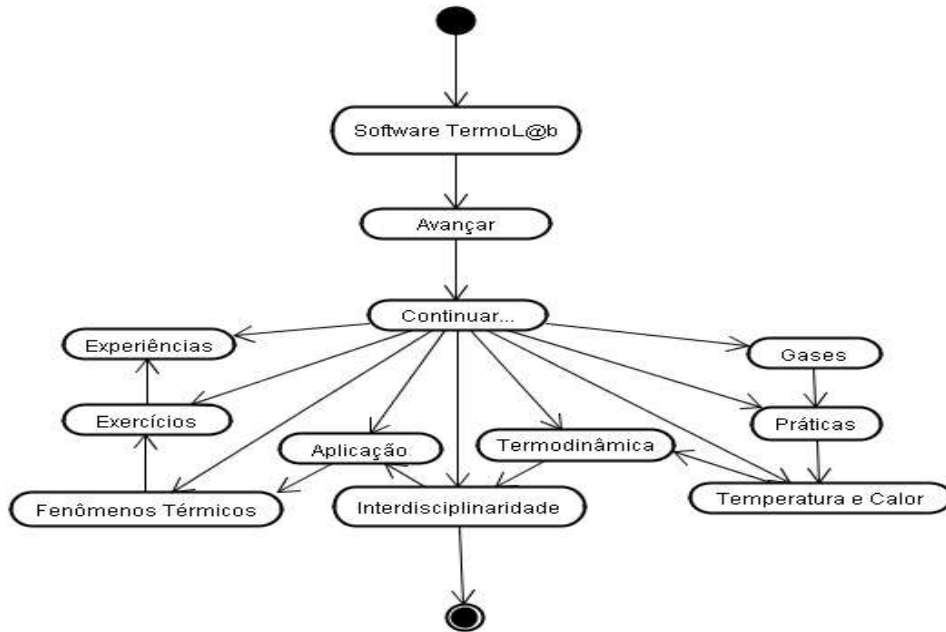


Figura 4.12 – Diagrama Estrutural do TermoL@b

O termoL@b é um ambiente virtual de aprendizagem que foi concebido para ser uma ferramenta utilizada na simulação e animação de situações físicas referentes a conceitos fundamentais de física térmica. Ele possui uma interface de manipulação direta, onde, a partir de um índice principal, o usuário poderá visualizar aspectos teóricos referentes à termologia, além de experiências virtuais e sugestões de trabalhos com materiais de baixo custo.

A arquitetura da ferramenta virtual é mostrada no diagrama abaixo, com as inserções do seu início e de sua saída.

3.6.2 Caso de uso geral

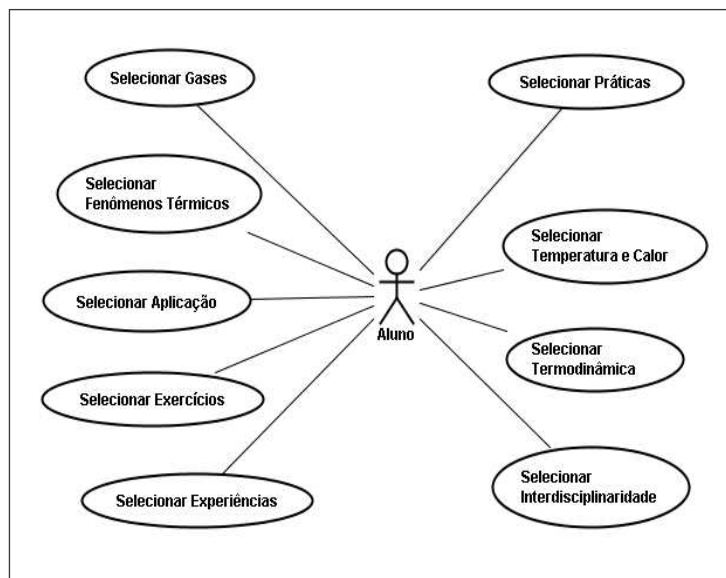


Figura 4.13 – Diagrama de caso de uso do TermoL@b

Um caso de uso descreve uma funcionalidade do sistema que tem como objetivo produzir como resultado algo que tenha algum valor para o usuário do sistema. Na linguagem UML este usuário recebe o nome de ator. Neste *software* existem dois tipos de atores, um que será chamado de usuário do sistema, ou simplesmente usuário, que neste caso será o aluno e o ator Sistema TermoL@ab que corresponderá ao *software* educativo proposto.

Como esse ambiente tem uma interface gráfica que permite uma grande interação com o usuário, existem diversos recursos que o usuário pode utilizar. Logo, para efeito de uma melhor organização dos casos de uso, na Figura 4.13, podemos ver um caso de uso dos recursos disponibilizados.

Nas sessões seguintes, iremos apresentar os diagramas de caso de uso, de sequência e de atividade do experimento virtual I disponíveis no ambiente, apresentando seus principais recursos de interação entre os atores: aluno e sistema TermoL@b.

3.6.2.1 Caso de uso Experimento Virtual I – Dilatação linear de um sólido

Esse experimento trata sobre o fenômeno da Dilatação linear de um sólido. Para o diagrama de caso de uso, da figura 4.15, o ator-aluno interage com os recursos disponíveis para a realização do experimento virtual. Durante a mudança dos parâmetros e variáveis do sistema ocorrerá a animação (Figura 4.2). Percebe-se, em cada etapa do caso de uso, a interação que se dá entre o ator-aluno e o ator-sistema TermoL@b.

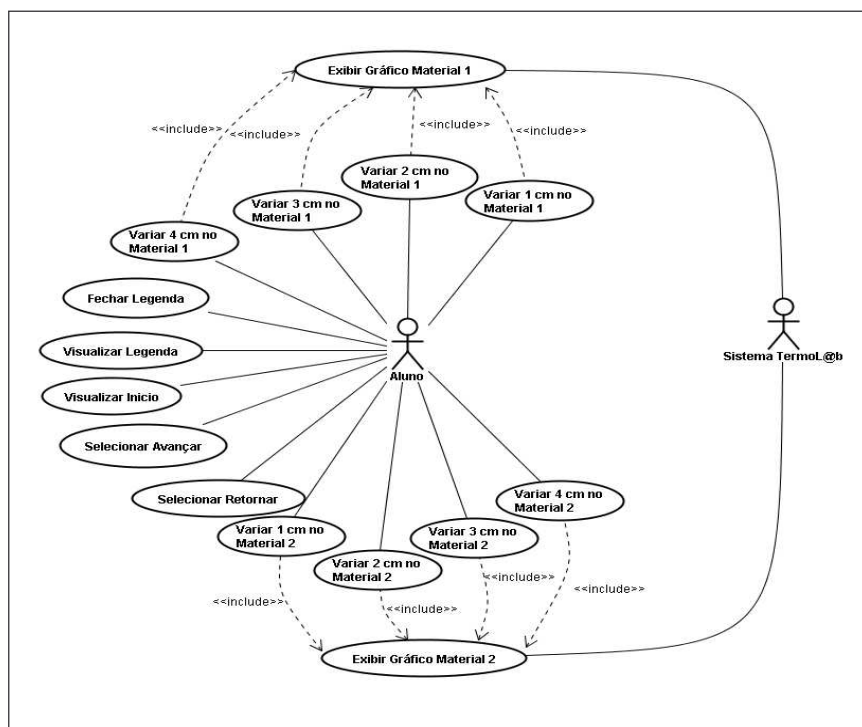


Figura 4.15 – Diagrama de Caso de Uso do Experimento Virtual I

O caso de uso **Variar 1 cm no Material 1** se refere à mudança no tamanho do material 1 que poderá ser realizada pelo ator-usuário na experiência virtual. Ainda referente ao tipo de

material, temos os casos de uso para variar o material 1 de 1 até 4 cm de comprimento. Um caso de uso semelhante a esse também é encontrado no ambiente, sendo esse último para um Material 2 (**Variar 1 cm no Material 2**). Assim como no primeiro, esse caso de uso apresenta a possibilidade de variação de tamanho, entre 1 a 4 cm de comprimento no Material do tipo 2.

Nessas duas categorias se incluem os casos de uso **Exibir Gráfico Material 1** e **Exibir Gráfico Material 2**, respectivamente. Esses recursos possuem relação direta com os dois casos de uso apresentados anteriormente, pois a proposta metodológica da experiência virtual pretende levar o usuário aluno a possibilidade de construir o gráfico do comprimento de uma barra de metal em função da temperatura.

O caso de uso **Visualizar Legenda e Fechar Legenda** se refere ao recurso de visualização de legendas das variáveis físicas presentes nesse experimento.

Temos ainda os casos de uso **Visualizar Início**, que permite retornar para a tela inicial do *software*, **Selecionar Avançar** e **Selecionar Retornar**, que poderão ser utilizados pelos usuários para navegar ao longo das telas do TermoL@b.

Para cada mudança de variável física do fenômeno, são detalhados os casos de uso pertinentes. A princípio, é exibida uma tabela que mostra, para cada caso de uso, uma breve descrição, a condição necessária para que o caso de uso ocorra e a condição do sistema quando o caso de uso terminar.

Posteriormente é detalhado o fluxo de eventos para cada caso de uso. Ele descreve a partir de que situação o caso de uso começa, o fluxo normal de eventos (também chamado de **sequência típica de eventos**), que permite acompanhar as ações tomadas pelo usuário e pelo sistema, os fluxos alternativos (**sequências alternativas**) e como o caso de uso termina.

3.6.2.1.1 Casos de uso referentes às atividades de variar X cm no Material Y

As Tabelas 4.1 (a) e 4.1 (b) apresentam uma visão geral dos casos de uso referentes ao caso **Variar X cm no Material Y**, em que o X pode variar de 1 até 4 cm e o Y varia de 1 a 2, pois estamos trabalhando com dois tipos de materiais diferentes. Em seguida, são relacionadas para cada caso de uso, sua sequência típica de eventos e as sequências alternativas, representando as exceções.

<i>Número</i>	<i>Caso de uso</i>	<i>Descrição Sumária</i>	<i>Pré-Condições</i>	<i>Pós-Condições</i>
1	Variar 1 cm no Material 1	Permite ao usuário variar o comprimento do material 1 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 1 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 1 em 1 cm.
2	Variar 2 cm no Material 1	Permite ao usuário variar o comprimento do material 1 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 2 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 1 em 2 cm.
3	Variar 3 cm no Material 1	Permite ao usuário variar o comprimento do material 1 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 3 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 1 em 3 cm.
4	Variar 4 cm no Material 1	Permite ao usuário variar o comprimento do material 1 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 4 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 1 em 4 cm.

Tabela 4.1 (a) Caso de uso referente a variar X cm no Material 1

<i>Número</i>	<i>Caso de uso</i>	<i>Descrição Sumária</i>	<i>Pré-Condições</i>	<i>Pós-Condições</i>
1	Variar 1 cm no Material 2	Permite ao usuário variar o comprimento do material 2 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 1 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 2 em 1 cm.
2	Variar 2 cm no Material 2	Permite ao usuário variar o comprimento do material 2 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 2 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 2 em 2 cm.
3	Variar 3 cm no Material 2	Permite ao usuário variar o comprimento do material 2 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 3 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 2 em 3 cm.
4	Variar 4 cm no Material 2	Permite ao usuário variar o comprimento do material 2 que será utilizado na experiência de dilatação.	O usuário deve selecionar o comprimento de 4 cm.	Será exibido na tela um gráfico com a dilatação do Material 2 em 4 cm.

Tabela 4.1 (b) Caso de uso referente a variar X cm no Material 2

<i>AÇÃO DO ATOR-ALUNO</i>	<i>AÇÃO DO ATOR-SISTEMA</i>
1. Começa quando o usuário clica em um dos tamanhos possíveis para Variar X cm no Material 1 no comprimento da Barra de Metal 1 da opção Experiências Virtuais – Experimento I - Dilatação Linear de um Sólido.	2. O usuário altera o tamanho do material 1 e o sistema constrói um gráfico com o novo tamanhos em relação a temperatura.
3. Começa quando o usuário clica em um dos tamanhos possíveis para Variar X cm no Material 2 no comprimento da Barra de Metal 1 da opção Experiências Virtuais – Experimento I - Dilatação Linear de um Sólido.	4. O usuário altera o tamanho do material 1 e o sistema constrói um gráfico com o novo tamanhos em relação a temperatura.

Tabela 4.2 Caso de uso: variar X cm no Material Y – sequência típica de eventos

<i>SEQUÊNCIA</i>	<i>AÇÃO DO ATOR</i>	<i>RESPOSTA DO SISTEMA</i>
1	O usuário não define o tamanho do material 1 para a construção do gráfico.	Neste caso o sistema não define um tamanho de material para a realização da experiência.
2	O usuário não define o tamanho do material 2 para a construção do gráfico.	Neste caso o sistema não define um tamanho de material para a realização da experiência.

Tabela 4.3 Caso de uso: variar X cm no Material Y – sequência alternativa de passos

3.6.2.1.2 Casos diversos de uso

A Tabela 4.4 dá uma visão geral dos demais casos de uso pertencentes à experiência da dilatação. Em seguida, são relacionadas para cada caso de uso, sua sequência típica de eventos e as sequências alternativas, representando as exceções.

<i>Número</i>	<i>Caso de Uso</i>	<i>Descrição Sumária</i>	<i>Pré-Condições</i>	<i>Pós-Condições</i>
1	Visualizar Início	Retorna para a Tela Inicial do <i>Software</i> .	O usuário deve estar conectado ao Ambiente.	A tela inicial será exibida.
2	Selecionar Avançar	O sistema avança uma tela em sua estrutura tutorial.	O usuário deve estar conectado ao Ambiente.	A tela seguinte será exibida.
3	Selecionar Retornar	O sistema retorna uma tela em sua estrutura tutorial.	O usuário deve estar conectado ao Ambiente.	A tela anterior será exibida.
4	Visualizar Legenda	O sistema irá exibir uma legenda das variáveis físicas do experimento.	O usuário deve estar conectado ao Ambiente.	A legenda será exibida na tela.
5	Fechar Legenda	O sistema irá fechar a legenda das variáveis físicas do experimento.	O usuário deve estar conectado ao Ambiente.	A legenda será fechada na tela.

Tabela 4.4 Outros casos de uso do Experimento de Dilatação.

<i>AÇÃO DO ATOR-ALUNO</i>	<i>AÇÃO DO ATOR-SISTEMA</i>
1. Começa quando o usuário seleciona Iniciar, Avançar, Retornar.	2. O sistema redefine novas telas (de início, para avançar e para retornar).
3. Começa quando o usuário seleciona visualizar legenda e fechar legenda.	4. O sistema redefine novas telas exibindo a legenda ou fechando a tela da legenda.

Tabela 4.5 Outros casos de uso: variar temperatura – sequência típica de eventos

<i>SEQUÊNCIA</i>	<i>AÇÃO DO ATOR</i>	<i>RESPOSTA DO SISTEMA</i>
1	O usuário não avança ou retorna a tela do experimento.	Nesse caso, o sistema permanece na tela ativa (atual).
2	O usuário não solicita visualizar a legenda.	Nesse caso, o sistema não exibe a tela com as informações da legenda do experimento.

Tabela 4.6 Outros casos de uso: selecionar material – sequência alternativa de passos

3.6.2.2 - Diagramas de sequência do experimento virtual I

A figura 4.16 é o diagrama de sequência do Experimento Virtual I disponível no *software*. Nesse caso, o diagrama de sequência mostra uma implementação desse cenário. Percebe-se que esse diagrama apresenta a interação sobre o usuário aluno e o ambiente, exibindo-o com uma linha de vida, que ocorre verticalmente na página, e em ordem das mensagens, lendo a página de cima para baixo.

Uma das coisas interessantes a respeito de um diagrama de sequência é que quase não é preciso explicar a notação, pois ela é bastante intuitiva, permitindo assim sua compreensão de forma fácil. Tomando como base o diagrama citado, podemos perceber que o usuário-aluno pode inicialmente interagir com o sistema, solicitando junto à interface a seleção de um tipo de material que será utilizado para a experiência. Nesse caso, a interface altera o tipo do material nos Dados do Material, modificando o valor do seu coeficiente de dilatação linear. Os Dados do Coeficiente de Dilatação Linear serão

alterados e tal confirmação será dada ao usuário que irá visualizar na interface do software o tipo de material escolhido e o respectivo valor do seu coeficiente de dilatação linear.

Outro caso será o do usuário modificando o valor da temperatura. Nesse serão alterados os Dados da Variação de Temperatura, Comprimento Final, Deformação e da Variação de Comprimento. Tais modificações serão confirmadas e atualizadas na interface do ambiente. Ainda se o aluno variar o comprimento inicial do *software*, serão modificados os valores dos Dados do Comprimento Final, do Comprimento Inicial, da Deformação e da Variação de Comprimento. A última ação presente nesse diagrama, refere-se ao caso em que o usuário clica na opção sair. Ocorrendo tal situação, o ambiente será encerrado e o X no final do diagrama representa essa ação.

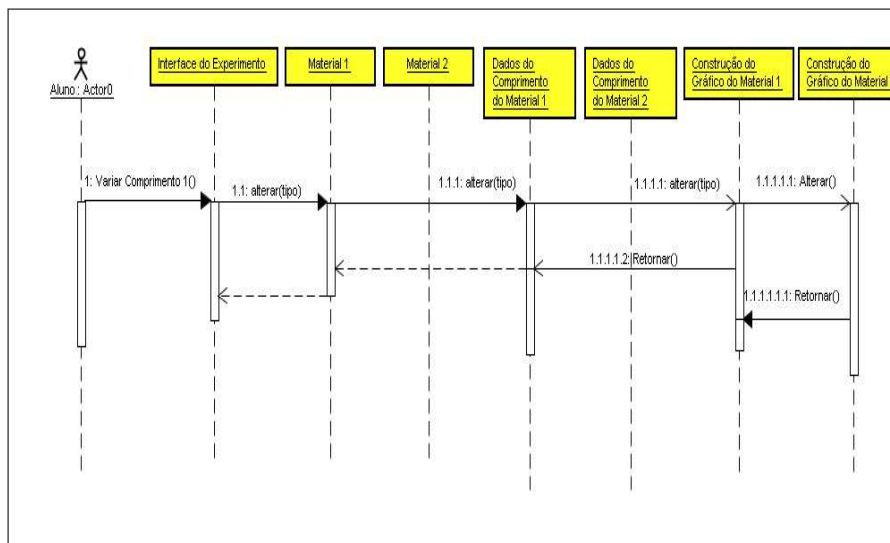


Figura 4.16 – Diagrama de sequência do Experimento Virtual I

3.6.2.3 Diagramas de atividade no experimento virtual I

A Figura 4.17 mostra o Diagrama de Atividade do Experimento Virtual I. Inicialmente, podemos perceber que o nó

inicial que está representado pelo ponto preto segue para a opção Selecionar Experiência Virtual. Depois de selecionada a experiência, o usuário poderá selecionar o experimento que trata sobre Dilatação Linear. A etapa que se segue é constituída por uma separação em que poderão ser definidos os dois tipos de materiais que poderão ser utilizados. Em seguida temos uma junção que levará a uma decisão em que o usuário poderá Variar a Temperatura do Experimento e/ou Variar seu Comprimento Inicial. Por fim, o usuário poderá finalizar a atividade de diferentes maneiras, conforme o ponto representado ao final do diagrama.

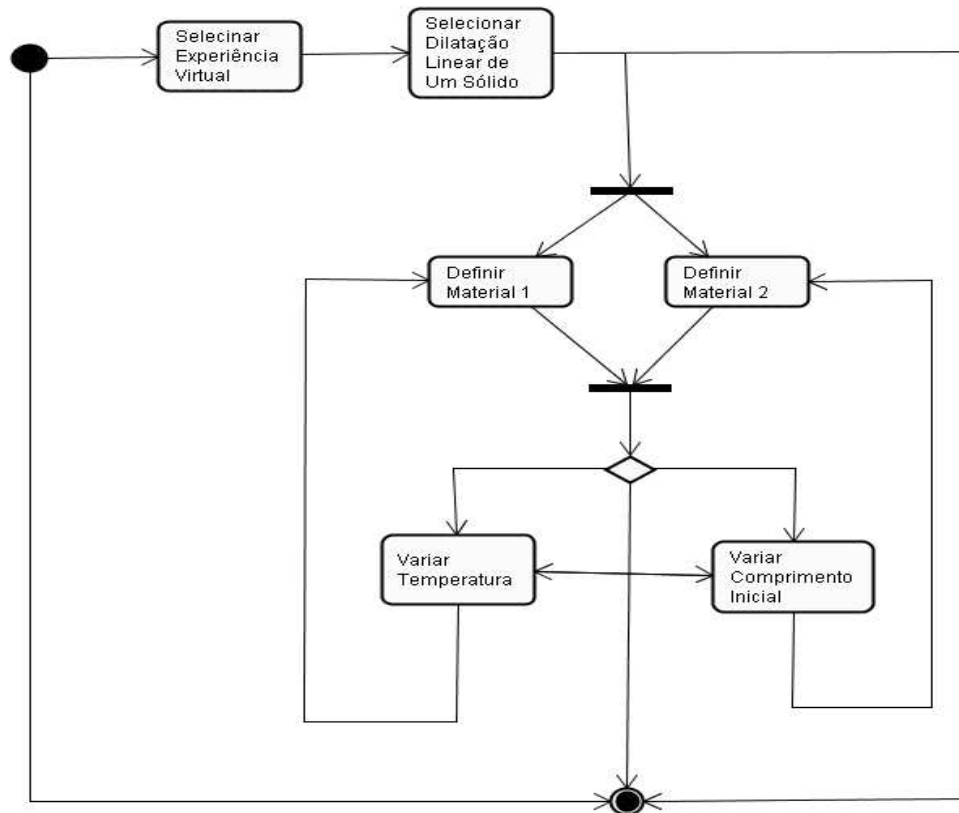


Figura 4.17 – Diagrama de Atividade do Experimento Virtual I

4. VALIDAÇÃO DO AMBIENTE: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo, apresenta-se uma aplicação do ambiente de aprendizagem proposto, cujo objetivo foi avaliar o modelo educativo concebido e aplicado no desenvolvimento do *software*. Essa aplicação ocorreu com um grupo de alunos do Ensino Médio de uma escola pública. Foram realizados testes com o intuito de verificar a contribuição deste ambiente no processo de aprendizagem, além da aplicação de questionários avaliativos sobre os limites e possibilidades deste ambiente na opinião de alunos e professores.

4.1 Procedimentos metodológicos

Com o objetivo de avaliar o modelo interdisciplinar proposto para a concepção do ambiente computacional desenvolvido neste trabalho e verificar o potencial dessa ferramenta pedagógica digital, realizamos uma aplicação junto a alunos do Ensino Médio. Inicialmente, pode-se considerar que a avaliação de um *software* aplicado ao ensino se dá sob dois pontos de vista (UCHOA, 2003): um relativo à avaliação da aprendizagem do aluno em face da utilização do recurso computacional e o outro em face do potencial pedagógico. A primeira é bastante complexa, pois além de demandar um tempo bastante grande, ocorre através de inúmeras avaliações que normalmente são feitas por uma equipe interdisciplinar. Esta equipe buscará medir as contribuições a longo e médio prazo que o uso de tais recursos possibilitam. Por outro lado, medir o potencial pedagógico é uma tarefa bem mais simples, pois requer apenas que sejam avaliados os aspectos imediatos da aprendizagem que um recurso pedagógico se propõe (UCHOA, 2003).

No desenvolvimento desta pesquisa, optou-se pela realização da avaliação do potencial da ferramenta computacional modelada na sessão anterior. A ferramenta proposta é um ambiente de aprendizagem colaborativo voltado ao ensino de Física térmica. Para o desenvolvimento da pesquisa, realizou-se uma aplicação do *software* com duas turmas de terceira série do Ensino Médio de uma

escola da rede pública do município de Sobral. A seguir, será apresentada a metodologia de aplicação utilizada na pesquisa, assim como os resultados alcançados durante a realização dos trabalhos de campo.

Como procedimento metodológico, realizou-se uma aplicação da ferramenta computacional aqui proposta, com alunos da terceira série da escola estadual Dr. João Ribeiro Ramos.

Na busca de realizarmos a pesquisa de campo, foram selecionadas duas turmas de alunos que aqui serão tratadas como turma X e turma Y. A turma X contava com 40 alunos, dos quais apenas 35 compareceram para a realização dos trabalhos. Essa turma será nosso grupo experimental que utilizará o ambiente computacional. A turma Y, também composta de 40 alunos, dos quais estiveram presentes 37, foi nosso grupo de controle que não utilizou o ambiente.

O desenvolvimento dos trabalhos ocorreu ao longo de três semanas. Nas duas semanas iniciais, as turmas X e Y tiveram aulas sobre Física Térmica com o propósito de aprender conceitos relevantes a tal assunto. Na terceira semana, realizou-se um teste de avaliação com ambas as turmas sobre os assuntos tratados em sala de aula.

Porém, os alunos da turma X, além das aulas convencionais puderam utilizar o *software* TermoL@b e realizar inúmeras experiências virtuais relacionadas ao assunto visto em sala de aula. Essa atividade ocorreu no laboratório de informática da escola com a mediação do professor. Enquanto isso ocorria, os alunos da turma Y permaneceram em sala de aula, desenvolvendo atividades com material impresso. Além do teste de avaliação, aqui utilizado para medir o potencial do ambiente na aprendizagem da turma X em relação a Y, também foram aplicados questionários que avaliaram o ambiente. Dois tipos de questionários foram utilizados:

- O primeiro, para avaliar aspectos pedagógicos, de similaridade, de acessibilidade, de adaptabilidade, de proveito e de compatibilidade. Esse questionário foi aplicado de forma individual somente com os alunos da turma experimental;

- O outro, para avaliar aspectos como a interface gráfica do *software*, seus recursos de interatividade e de usabilidade. Esse segundo questionário foi aplicado tanto para os alunos do grupo experimental como para professores que atuam na área do ensino de Física, sendo que, para os professores, além dos três aspectos citados acima, foram apresentados também pontos referentes ao conteúdo programático e a aspectos pedagógicos do ambiente computacional.

4.2 Análise dos resultados dos testes

Para analisar os dados coletados durante a pesquisa de campo, iremos realizar um tratamento estatístico das notas obtidas através dos testes aplicados com os alunos. Nosso universo estatístico terá como unidade a nota de cada um dos alunos pertencentes aos grupos pesquisados, o experimental e o de controle. Dessa forma, verifica-se que essa população estatística (Tabela 5.1) finita tem elementos com caráter quantitativo e variáveis contínuas.

Antes de iniciarmos nossa análise comparativa das notas obtidas pelas duas turmas através de uma distribuição estatística, faz-se necessário apresentar algumas definições (LEVIN, 1987):

Turma	Alunos Selecionados	Alunos Participantes
X	40	35
Y	40	37
Total	80	72

Tabela 5.1 – População Estatística

- **Frequência absoluta**

A **Frequência absoluta** (f_i) do valor x_i é o número de vezes que a variável estatística assume o valor x_i . No nosso caso, teremos como x_i as notas obtidas pelos alunos em cada teste. A frequência absoluta corresponderá ao número de vezes que uma nota ocorre no nosso universo estatístico, ou seja, o número de alunos que obtiveram em comum uma determinada nota.

O total das frequências absolutas corresponde ao número de elementos da população estatística e será dado por:

$$N = \sum_{i=1}^n f_i$$

(Equação 5.1)

A distribuição das Frequências Absolutas pode ser complementada com a chamada **Frequência Absoluta Acumulada** (f_{ia}), cujos valores são obtidos adicionando a cada frequência absoluta os valores das frequências anteriores, ou seja:

$$f_{ia} = \sum_{i=1}^n f_i$$

(Equação 5.2)

- **Frequência relativa**

Chama-se **Frequência relativa** (f_r) do valor x_i da variável o quociente entre a frequência absoluta (f_i) e o número de elementos N da amostra, isto é:

$$f_r = \frac{f_i}{N}$$

(Equação 5.3)

- **Análise de Tendência Central**

No desenvolvimento desta pesquisa pretendemos analisar a tendência que ela revela. Para isso, convém sintetizarmos todas as informações coletadas através de parâmetros, que, segundo Spiegel (1979), podem ser de:

- Centralização: média, média aritmética ponderada, mediana e moda;

- Dispersão: intervalo de variação, desvio médio, variância e desvio padrão.
- **Parâmetro de centralização**
- ✓ **Média aritmética ponderada**

A **Média Aritmética Ponderada** será utilizada nesta pesquisa para o cálculo das médias das notas de cada turma. Há notas que se repetem várias vezes e, nesse caso, multiplicamos os valores de cada nota pelo número de vezes (peso) em que elas ocorrem. Ela será dada por:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

(Equação 5.4)

- **Parâmetros de Dispersão**
- ✓ **Desvio médio**

A média aritmética dos valores absolutos dos desvios para a média é uma medida de dispersão chamada **Desvio Médio** que indicaremos por d_m . O d_m permitirá estabelecer qual das duas turmas será a mais regular. O cálculo do **Desvio Médio** é dado por:

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n f_i |x_i - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

(Equação 4.5)

- **Variância**

O valor que corresponde à média aritmética dos quadrados dos desvios em relação à média recebe o nome de **Variância**, valor esse que se indica por V_a , ou seja:

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

(Equação 5.6)

- **Desvio padrão**

A raiz quadrada da variância chama-se **Desvio Padrão** do conjunto de dados, valor que representamos por s, e será dado por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n f_i}} \quad (\text{Equação 5.7})$$

Por meio do **Desvio padrão**, semelhantemente ao Desvio Médio, pretendemos estabelecer uma relação de regularidade entre as notas obtidas pelos alunos de cada turma.

4.2.1 Análise estatística comparativa

Com a coleta das notas obtidas por cada um dos alunos após a aplicação dos testes, obtivemos um universo de dados que estão caracterizados na tabela abaixo (Tabela 5.2).

Turma	Alunos	Participantes	Grupo	Software
Turma X	40	35	Experimental	Utilizou
Turma Y	40	37 - 2 = 35	Controle	Não Utilizou

Tabela 5.2 - Caracterização dos alunos participantes

Podemos observar que o número de participantes do Grupo de Controle foi maior (2 alunos) do que o Grupo Experimental e, com o intuito de igualarmos o número de dados coletados para as duas

turmas, utilizamos um critério de retirada de duas notas da turma Y. Nesse critério ficou estabelecido que subtraídas a maior e a menor nota dessa turma, não comprometeríamos a análise comparativa realizada entre as duas coletas. Para validarmos tal hipótese, foram feitas análises paralelas com os dados que constataram viabilidade dessa escolha.

Portanto, para efeito de apuração final dos dados, do total de 80 alunos convidados, somente 72 participaram da pesquisa, sendo que neste estudo foram considerados apenas 70. Os questionários e testes foram analisados quanto aos dados e foram codificados, processados e armazenados, utilizando como suporte para o tratamento estatístico das informações uma planilha eletrônica. Após a consolidação e o tratamento estatístico, os dados estão apresentados em formatos de tabelas e gráficos a seguir.

Ressaltamos ainda que o bom uso do computador e seus comandos por parte dos alunos da turma X, indicou um bom desempenho durante o experimento na utilização do sistema proposto. Constatamos ainda que 100% dos alunos participantes do experimento apresentaram familiaridade com o uso do computador.

Classe	Nota	f_r (%)	f_{ra} (%)
1	0,0 - 1,0	0,00%	0,00%
2	1,0 - 2,0	2,86%	2,86%
3	2,0 - 3,0	0,00%	2,86%
4	3,0 - 4,0	8,57%	11,43%
5	4,0 - 5,0	5,71%	17,14%
6	5,0 - 6,0	22,86%	40,00%
7	6,0 - 7,0	22,86%	62,86%
8	7,0 - 8,0	34,29%	97,14%
9	8,0 - 9,0	2,86%	100,00%
10	9,0 - 10,0	0,00%	100,00%
		100,00%	

Tabela 5.3 – Dados dos testes da turma X

Os resultados apresentados na tabela 5.3 indicam a avaliação das notas obtidas pelo Grupo Experimental. A análise dos dados

deste estudo contempla as principais variáveis estatísticas. Observa-se que a frequência absoluta (f_i) das notas obtidas concentra-se principalmente no intervalo de 7 a 8, indicando que uma parte significativa da amostra (34,29% da frequência relativa (f_r)) obteve um resultado acima do satisfatório.

Na tabela 5.4 apresentam-se as notas coletadas pelo Grupo de Controle. Percebe-se que, para essa turma, a f_i encontra-se entre 4 e 5 (28,57% da f_r). Embora esse dado demonstre que a turma Y também obteve uma f_i pr da nota considerada mínima (5), percebe-se que esse valor, comparado com a amostra total dos dois grupos, é consideravelmente inferior.

Classe	Nota	f_r (%)	f_{ra} (%)
1	0,0 - 1,0	2,86%	2,86%
2	1,0 - 2,0	5,71%	8,57%
3	2,0 - 3,0	8,57%	17,14%
4	3,0 - 4,0	8,57%	25,71%
5	4,0 - 5,0	28,57%	37,14%
6	5,0 - 6,0	17,14%	54,29%
7	6,0 - 7,0	11,43%	82,86%
8	7,0 - 8,0	17,14%	100,00%
9	8,0 - 9,0	0,00%	100,00%
10	9,0 - 10,0	0,00%	100,00%
		100,00%	

Tabela 5.4 – Dados dos testes da turma Y

Através dos dados da Frequência Absoluta Acumulada, percebemos que apenas 17,14% dos alunos da turma X obtiveram nota inferior a 5, enquanto esse mesmo índice estatístico mostra que, para a turma Y, cerca de 37,14% não atingiram a nota mínima.

Desse modo, verifica-se que, considerando a amostra total, o Gráfico 5.1 apresenta um polígono de frequência da distribuição das notas dos alunos da turma X, relacionando a Frequência Absoluta dessa amostra com o valor das notas dos alunos.

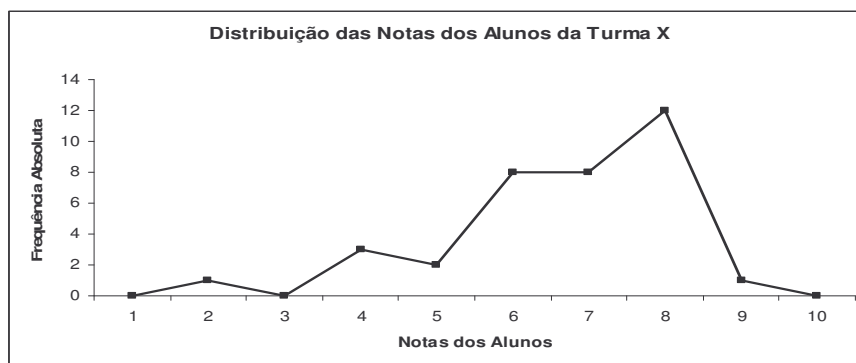


Gráfico 5.1 – Distribuição de notas da turma X

Quando comparamos o gráfico anterior ao gráfico 5.2, correspondente ao da turma Y (nesse caso equivalente também ao polígono de frequência da distribuição das notas), verificaremos a tendência do ponto mais elevado dessa distribuição. Percebe-se que para esse ponto a turma X apresenta uma tendência de se aproximar da nota nove, enquanto a turma Y tende para a nota seis.

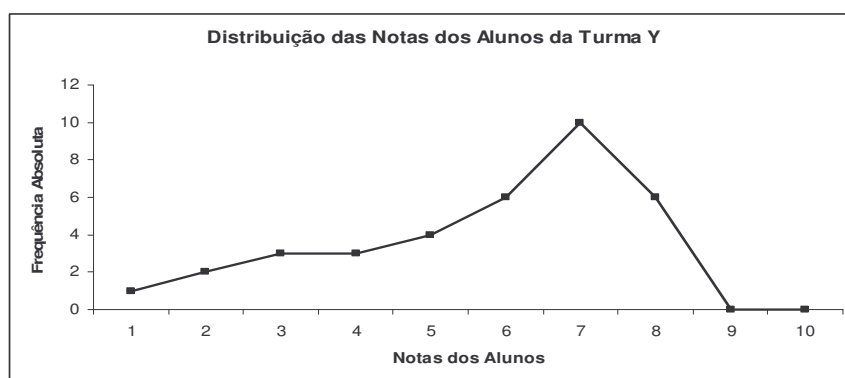


Gráfico 5.2 – Distribuição de notas da turma Y

Ainda em relação ao comportamento das distribuições para esse ponto, constata-se que, no grupo experimental, a frequência absoluta tende para doze, enquanto que, no grupo de controle, tal tendência corresponde a menos de dez.

Uma explicação possível para os resultados apontados acima diz respeito ao fato de que os melhores índices dos testes mostram a turma X com resultados mais favoráveis. Esse fato poderá ter ocorrido devido à inserção do ambiente computacional de aprendizagem voltado ao ensino de Física desenvolvido nesta pesquisa, pois os dois grupos foram submetidos à mesma quantidade de horas para a realização de atividades sobre o assunto em questão. Portanto, constata-se a viabilidade da inserção de ferramentas que podem melhorar a aprendizagem dos alunos através do computador. Tais ferramentas foram utilizadas neste experimento de campo, baseadas em ações e ideias envolvidas no ensino de terminologia assistido por *software* educativo.

Através da análise das Tabelas 5.5 e 5.6, podemos observar que as médias das notas obtidas pelo grupo experimental foram de 7,27 e 7,66, indicando um bom resultado em relação à média usual de aprovação (5,0). Tais médias obtidas pelo grupo de controle foram equivalentes a 4,31 e 4,71, indicando que tais resultados foram inferior ao grupo anterior, além de mais próximos do mínimo desejável.

Dados	Variáveis Estatísticas					
	Média	Moda	Mediana	Desvio Médio	Variância	Desvio Padrão
Turma X	7,27	7,80	7,90	1,18	3,14	1,77

Tabela 5.5 – Análise de Dados Estatísticos da Turma X

Dados	Variáveis Estatísticas					
	Média	Moda	Mediana	Desvio Médio	Variância	Desvio Padrão
Turma Y	4,31	4,90	4,70	1,56	2,50	1,58

Tabela 5.6 – Análise de dados estatísticos da turma Y

Pela análise da moda e da mediana apresentada pela amostra coletada nas notas da turma X, verificamos que tais valores correspondem a 7,80 e 7,90 respectivamente. Observamos que as

mesmas variáveis obtidas pela turma Y são inferiores apresentando valores, respectivamente, de 4,90 e 4,70.

Quanto ao desvio médio, observa-se que o valor obtido pela turma X foi menor que o da turma Y ($1,18 < 1,56$), o que significa que a turma X é mais regular do que a Y em consideração à média desejável.

Pela análise do gráfico 5.3, percebe-se que todas as variáveis estatísticas encontradas nesta pesquisa são maiores para a turma X em relação à turma Y. Somente a variável Desvio Médio (calculada a partir da Variância) obteve comportamento diferente. Para compreendermos melhor esse comportamento diferencial, vale ressaltar que o Desvio Padrão, medida de variabilidade, mostra-nos a estabilidade ou homogeneidade dos elementos de um conjunto. Portanto, na observação realizada, verificamos equilíbrio maior entre o Grupo de Controle em relação ao Experimental.

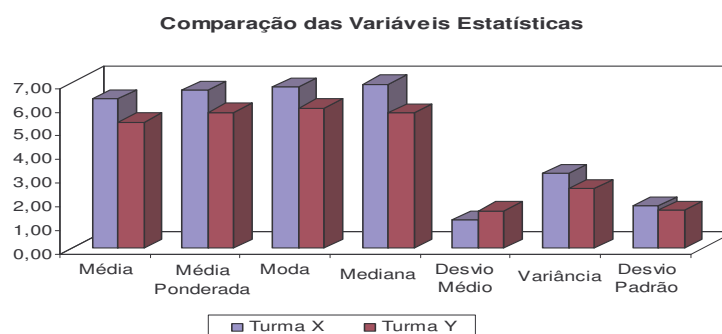


Gráfico 5.3 – Comparação dos dados estatísticos das turmas X e Y

Constatamos esse fato quando observamos que a turma X tem um desvio padrão superior ao da turma Y ($1,772 > 1,582$), isto é, a dispersão das notas relativamente à média é maior no caso de X. Esse fato pode ser explicado através do gráfico 5.3, que mostra uma certa homogeneidade para os valores obtidos pelos alunos da turma Y. Apesar de homogêneos, tais valores tendem a ser inferiores quando comparamos com a outra turma. Esse fato indica que, embora haja estabilidade para as notas coletadas pelo grupo de controle, tais

valores não são satisfatórios quando comparamos com a coleta não homogênea do grupo experimental.

Analisando os resultados dos testes do Grupo Experimental em relação ao Grupo de Controle, percebe-se que os resultados apresentados pelo primeiro grupo, através de índices estatísticos, foram relativamente maior do que em relação ao segundo. Isso demonstra a importância da introdução do recurso computacional apresentado ao Grupo Experimental.

É possível inferir que a utilização de uma ferramenta computacional no ensino de Física colabora para que os alunos possam desenvolver habilidade quanto à compreensão de conceitos físicos novos. Nesse sentido, o TermoL@b permite um melhor entendimento de problemas e situações físicas. Vale ressaltar também que o ambiente computacional utilizado no experimento de campo propiciou um ambiente lúdico de exploração através dos experimentos virtuais simulados.

4.3 Análise dos resultados da avaliação pedagógica do ambiente pelos alunos

Analisando os resultados apontados pelo questionário de avaliação pedagógica do ambiente computacional, verificaram-se os principais aspectos referentes à similaridade, acessibilidade, adaptabilidade, proveito e de compatibilidade do seu uso e da aprendizagem proporcionada por ele.

4.3.1 Similaridade

O gráfico 5.4, a seguir, refere-se ao questionamento em face da similaridade do uso do ambiente computacional.

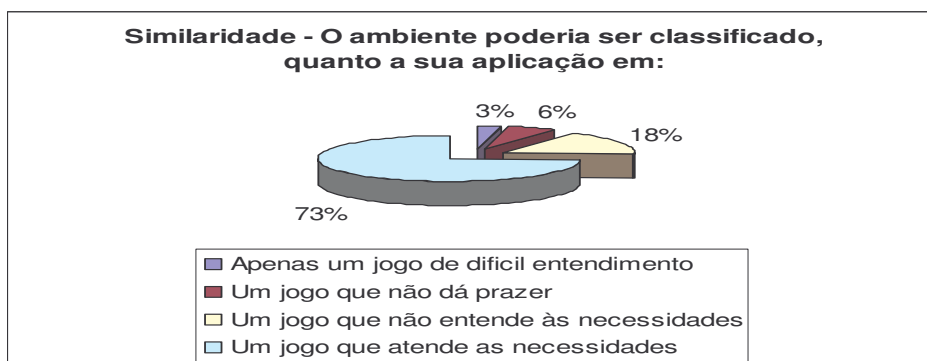


Gráfico 5.4 – Similaridade

Nesse gráfico, observa-se que para 73% dos alunos o ambiente poderia ser classificado quanto a sua aplicação como um jogo que atende as necessidades da aprendizagem. Para cerca de 18% é mais que um jogo, porque procura ensinar algo, mas não atende as necessidades de aprendizagem do aluno. Para 6%, é um jogo de fácil utilização, mas que não dá prazer em usá-lo e, para a minoria (3%), é apenas um jogo de entretenimento, difícil de se entender e que não traz nenhum prazer em utilizá-lo.

4.3.2 Acessibilidade

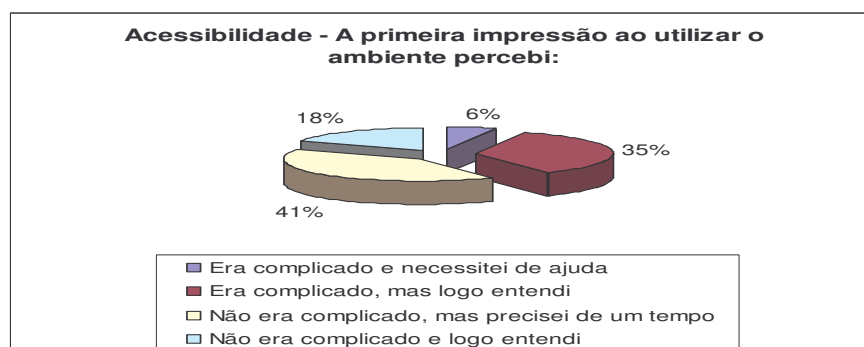


Gráfico 5.5 – Acessibilidade

O gráfico 5.5 apresenta os resultados referentes ao questionamento relacionado à acessibilidade dos alunos ao utilizar o ambiente.

O resultado mostra que, para a maioria dos alunos (41%), o ambiente não era complicado de utilizar, mas ele precisou de um certo tempo para compreender como fazê-lo completamente. Outros 35% consideraram que não era complicado e logo entendeu como utilizá-lo de várias maneiras. Cerca de 18% afirmaram que era complicado, mas tentaram um pouco e logo compreenderam como utilizá-lo. A minoria dos alunos (6%) optou por afirmar que o ambiente era complicado e necessitava de alguém para ensinar como utilizá-lo, senão não conseguiria fazer nada.

4.3.3 Adaptabilidade

O gráfico 5.6 apresenta o resultado do questionamento referente à adaptabilidade. Nesse, questionava-se se era possível estabelecer uma ligação entre o ambiente e algo já visto em sala de aula.

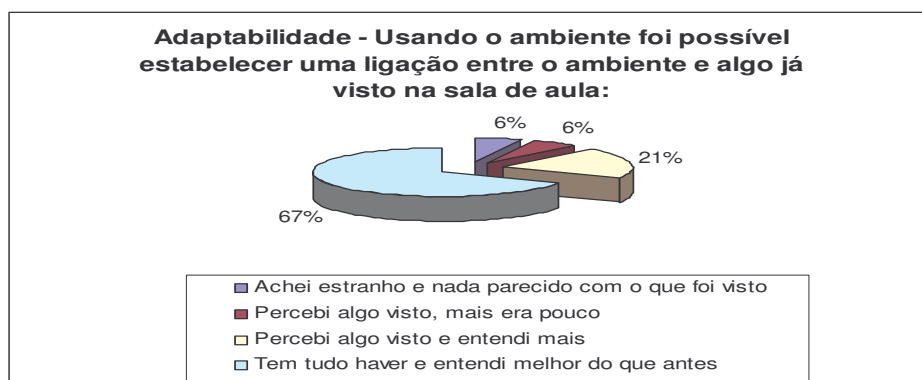


Gráfico 5.6 – Adaptabilidade.

Observa-se que 67% dos alunos escolheram a opção indicativa de que o ambiente tem tudo a ver com o que foi visto em sala de aula e facilitou bastante a compreensão do que já havia sido explicado. Cerca de 12% afirmaram que tem algo do que foi visto e entenderam um pouco mais do que havia sido ensinado. Para 6% tem

algo do que foi visto em sala de aula, mas perceberam muito pouco que pudesse ser entendido. Outros 6% disseram que era tudo muito estranho e nada era parecido com algo já visto em sala de aula.

4.3.4 Proveito

No gráfico 5.7, apresenta-se a questão sobre o Proveito. Ao aluno foi solicitada sua impressão, levando em conta o que foi visto em sala de aula e a utilização do ambiente computacional.

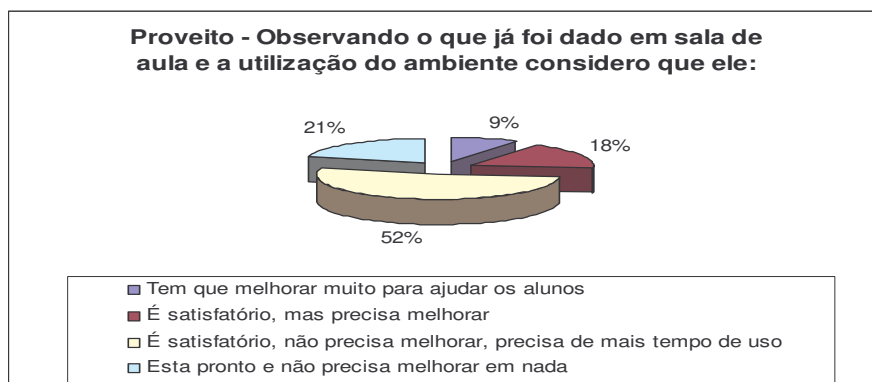


Gráfico 5.7 – Proveito

A partir do gráfico 5.7, podemos perceber que, para a maioria dos alunos (52%), o ambiente é satisfatório, não precisando ser melhorado, porém os alunos afirmam que precisariam de um maior tempo de uso para melhor compreendê-lo. Para outros 21%, o ambiente também não precisa ser melhorado porque está pronto para ser utilizado pelos alunos para melhorar seu entendimento dos conteúdos. Cerca de 18% afirmaram que apresenta resultado satisfatório, mas precisa melhorar para ajudar o entendimento dos alunos e a minoria (9%) afirmou que tem que melhorar muito para poder ser considerado como uma ajuda aos alunos.

4.3.5 Compatibilidade

O gráfico 5.8 referente à compatibilidade e opções para uma possível melhoria no ambiente mostra que, para a maioria dos alunos (49%), a atividade apresentada ficou fácil utilizando o computador, porque ele facilitou o entendimento. Para outros (24%), a atividade apresentada foi difícil, mas o computador facilitou seu entendimento. Outros 18% disseram que o ambiente deveria apresentar outras atividades mais fáceis, usando o computador, pois com a atividade apresentada é difícil entender algo. A minoria (9%) acha que, para melhorar o ambiente, ele poderia apresentar outra atividade sem usar o computador, por isso ficaria mais fácil de compreender.

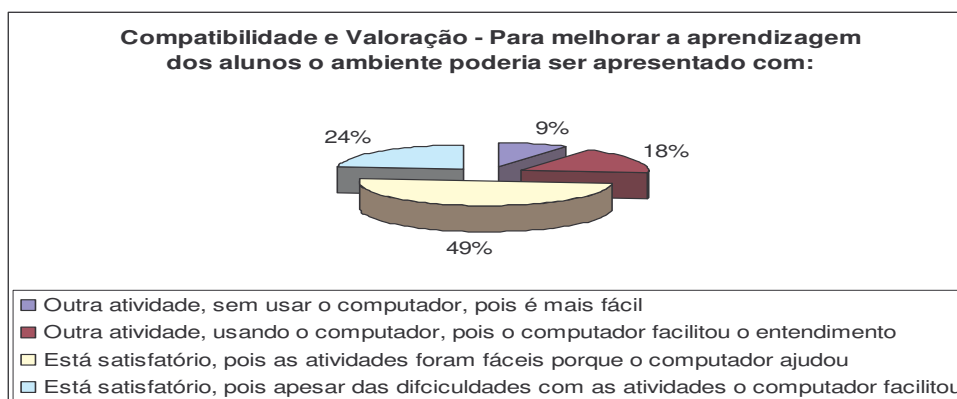


Gráfico 5.8 – Compatibilidade

4.4 Análise dos resultados da avaliação do ambiente por alunos e professores

Analisando os resultados apontados pelo questionário de avaliação dos aspectos técnicos relativos ao ambiente computacional, levaremos em consideração características como interface gráfica, interatividade e usabilidade na opinião dos alunos e de 12 professores. Além disso, outros dois aspectos serão analisados, conteúdo programático e aspectos pedagógicos, sendo que esses últimos estiveram apenas nas fichas de avaliação dos professores.

Para a realização da avaliação do ambiente por alunos e professores, utilizamos questionários baseados na Escala de Likert, que consiste em uma série de afirmações referentes a um determinado objeto atitudinal (FREITAS, 2003). Para cada uma das afirmações, o respondente tem algumas opções de resposta e deve assinalar com um X a opção que melhor reflita sua opinião sobre o item em questão (SILVA, 1992). A escala de Likert, ao ser utilizada como instrumento de avaliação, permite que o respondente se posicione objetivamente com relação ao item a ser avaliado, o que torna a análise dos resultados mais simples, entretanto, ela não permite que o respondente justifique sua escolha e, com isso, contribua com sugestões para melhorar o que está sendo avaliado (SILVA, 1997). Nos questionários de avaliação foram elaborados alguns itens cujo intuito é o de possibilitar que o respondente se posicione diante de cada um, assinalando uma das três possibilidades: 0 – insatisfatório; 1 – parcialmente satisfatório; 2 – satisfatório.

Na subseção que se segue, iremos comparar as respostas de alunos e professores. Logo após, serão apresentadas apenas as dos professores.

4.4.1 Análise dos resultados de avaliação da interface gráfica

Os dados que se seguem referem-se aos resultados da avaliação da interface gráfica do *software* concebido pelo modelo educativo proposto. Por meio deles, será possível analisar de forma comparativa a opinião dos dois segmentos participantes desta pesquisa – professores e alunos. Nessa avaliação, serão levados em conta aspectos referentes à interface, fonte e tamanho de figuras, ícones, navegabilidade, simplicidade de uso e adequação das cores, dentre outros aspectos.

4.4.1.1 Relevância das funções

Ao serem perguntados se a interface gráfica apresenta as funções consideradas relevantes, 75% dos professores e 86% dos

alunos assinalaram de forma satisfatória. Entretanto, 20% dos professores e 11% dos alunos disseram que era parcialmente satisfatório e apenas 3% dos alunos e 5% dos professores afirmaram ser insatisfatório.

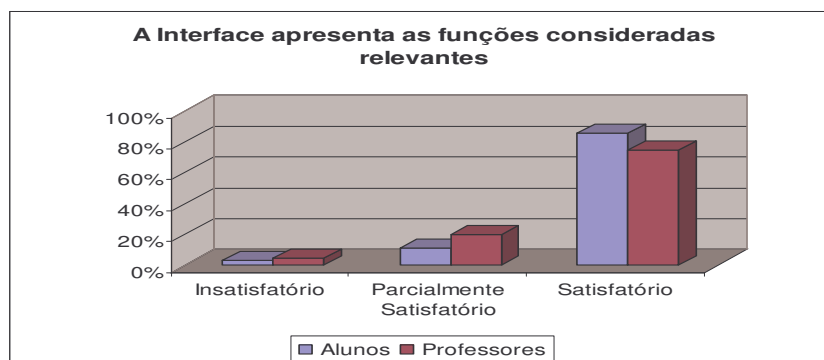


Gráfico 5.9 – Relevância das funções

4.4.1.2 Interface fácil e amigável

No que se refere à simplicidade da interface, foi indagado aos entrevistados se a interface é simples e de fácil compreensão.

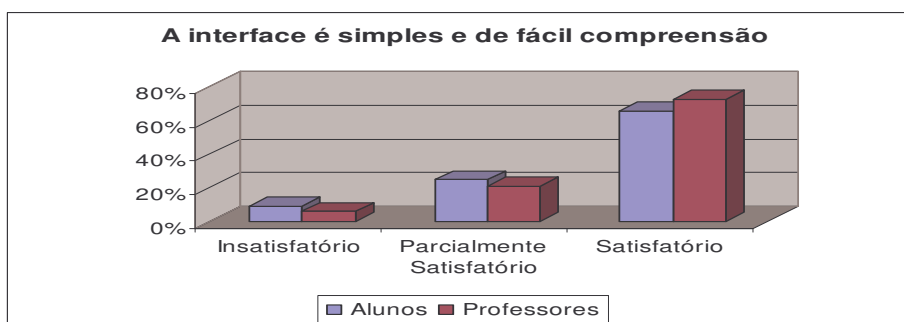


Gráfico 5.10 – Interface fácil e amigável

Dentre os dados coletados destacam-se as seguintes respostas: 73% dos professores e 66% dos alunos afirmaram ser satisfatória; 25% dos alunos e 21% dos professores responderam parcialmente

satisfatória e somente 9% dos alunos e 6% dos professores afirmaram ser insatisfatória.

4.4.1.3 Familiaridade dos objetos utilizados

Sobre a interface utilizar objetos familiares ao usuário, temos os seguintes resultados:

Disseram que é satisfatória, 87% dos alunos e 80% dos professores; 15% dos professores e 10% dos alunos afirmaram ser parcialmente satisfatória e somente 3% dos alunos e 5% dos professores disseram ser insatisfatória.

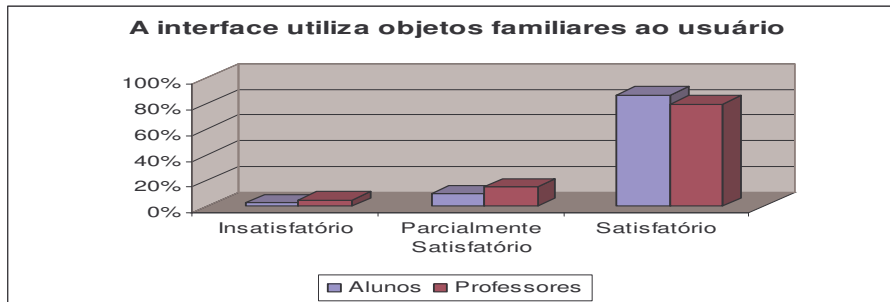


Gráfico 5.11 – Familiaridade dos objetos utilizados

4.4.1.4 Navegabilidade

Perguntou-se aos entrevistados sobre a navegabilidade do *software*, através da afirmativa 'Há facilidade de navegação'.

Dos entrevistados, a maioria (90%) dos alunos e 77% dos professores consideraram satisfatória; 5% dos alunos e 15% dos professores marcaram parcialmente satisfatório e somente 5% dos alunos e 8% dos professores acharam insatisfatório.

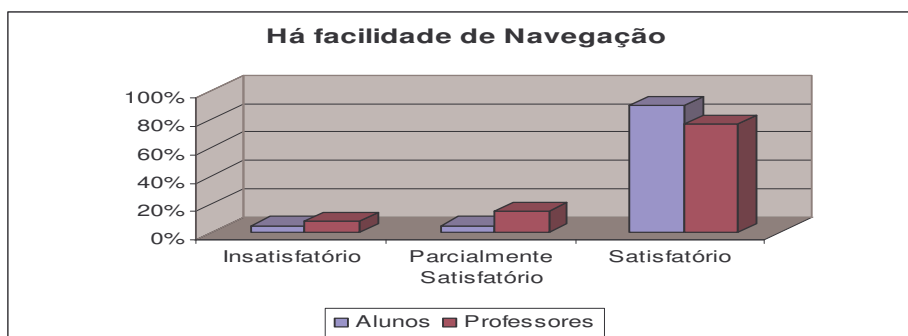


Gráfico 5.12 – Navegabilidade

4.4.1.5 Fontes e figuras adequadas

Nos aspectos relativos à adequação do tamanho das figuras e fontes, os resultados se deram da seguinte forma:

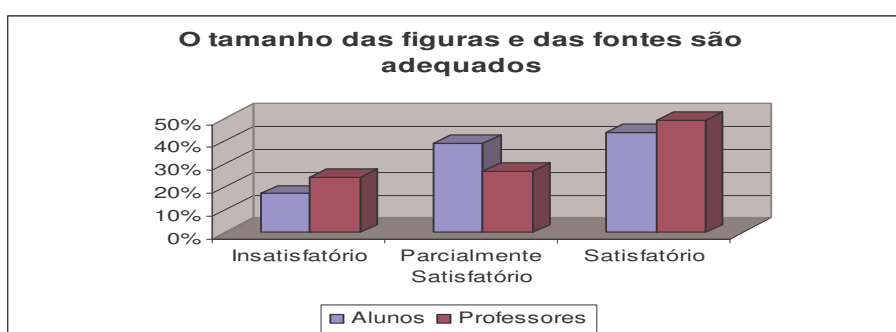


Gráfico 5.13 – Fontes e figuras adequadas

Para a maioria (49%) dos professores e 44% dos alunos afirmaram que o tamanho das figuras e fontes são adequados; uma porcentagem considerável (39%) dos alunos e (27%) dos professores afirmaram ser parcialmente satisfatório. O restante, 17% dos alunos e 24% dos professores, optou por insatisfatório.

4.4.1.6 Cores adequadas

No item acima, constatou-se que uma porcentagem maior de alunos (55%) e professores (48%) concordou que as cores do ambiente é satisfatória. Em contrapartida, 35% dos alunos e 33% dos professores acreditam que as cores estão parcialmente satisfatórias e, por fim, os outros 10% dos alunos e 19% dos professores classificaram como insatisfatório as cores do *software*.

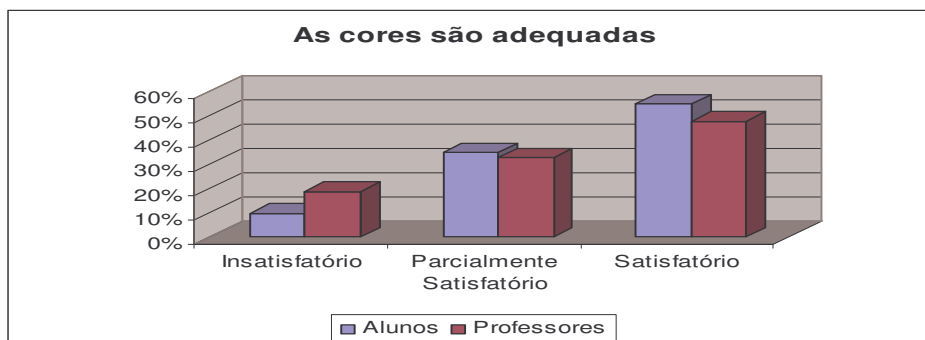


Gráfico 5.14 – Cores Adequadas

4.4.1.7 Facilidade de leitura da interface

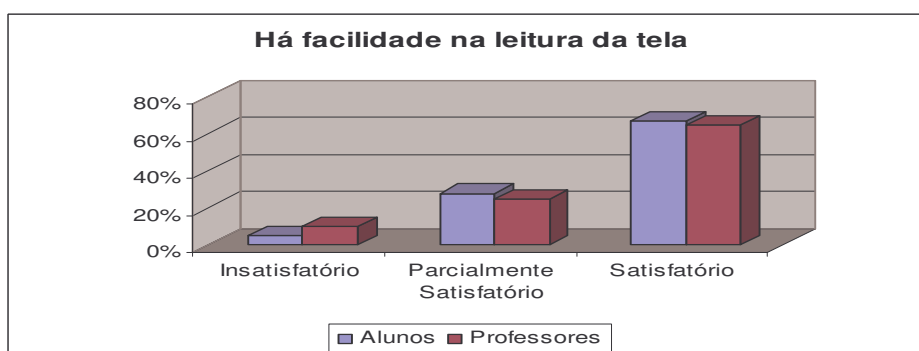


Gráfico 5.15 – Facilidade de leitura da interface

Sobre a facilidade de leitura na tela, 67% dos alunos e 65% dos professores classificaram esse item como satisfatório; 28% dos

alunos e 25% dos professores afirmaram ser parcialmente satisfatório e apenas 5% dos alunos e 10% dos professores classificaram como insatisfatório.

4.4.1.8 Ambiente com interface agradável

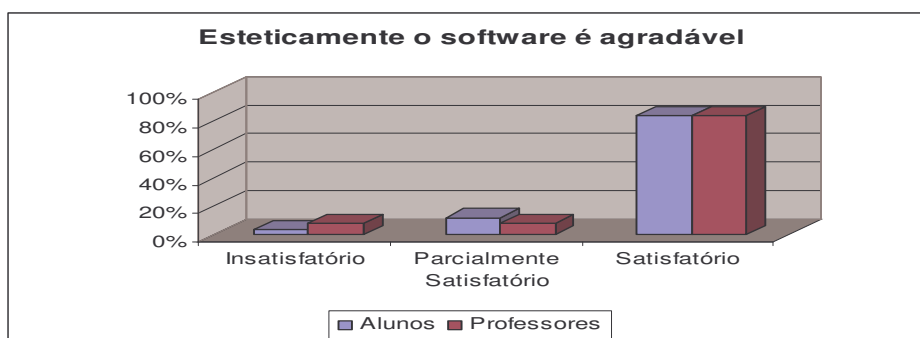


Gráfico 5.16 – Ambiente com interface agradável

Por fim, perguntou-se a alunos e professores se esteticamente o *software* é agradável. Desses, a maioria, (84%) tanto dos alunos como dos professores avaliaram como satisfatório; 12% dos alunos e 8% dos professores consideram parcialmente satisfatório e somente 4% dos alunos e 8% dos professores acharam insatisfatórios.

Portanto, percebe-se que, considerando as oito questões apresentadas anteriormente e verificando a porcentagem de participantes, entre 44% e 90%, seja professor ou aluno, assinalaram de forma satisfatória as opções acima questionadas.

4.4.2 Análise dos resultados de avaliação da interatividade do ambiente

Os dados que se seguem referem-se aos resultados da avaliação do ambiente quanto a sua interatividade. Por meio deles será possível analisar de forma comparativa a opinião dos dois segmentos participantes desta pesquisa – professores e alunos. Nessa avaliação serão levados em conta aspectos referentes à interação do usuário com o *software*, adequação da terminologia usada e do grau

de interação, o incentivo de uma postura ativa por parte do aluno, uso adequado da multimídia e dos dados de entrada e saída, assim como da sensação de controle por parte do usuário quando utiliza o ambiente.

4.4.2.1 Consistência de interação com o software

Perguntou-se a alunos e professores se há consistência na interação do usuário com o *software*. Desses, a maioria, (57%) dos alunos e (67%) dos professores avaliaram como satisfatório; 26% dos alunos e 20% dos professores consideraram parcialmente satisfatório e somente 17% dos alunos e 13% dos professores acharam insatisfatórios.

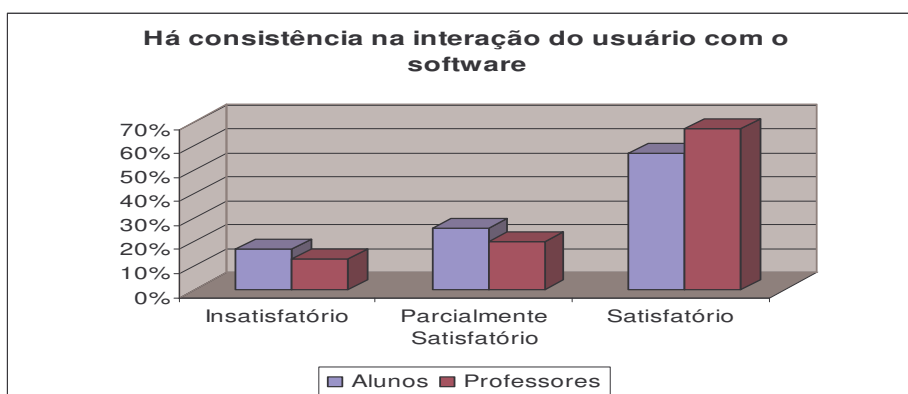


Gráfico 5.17– Interação com o *software* e consistência

4.4.2.2 Terminologia adequada

No aspecto relativo à adequação da terminologia utilizada pelo ambiente, os resultados se deram da seguinte forma:

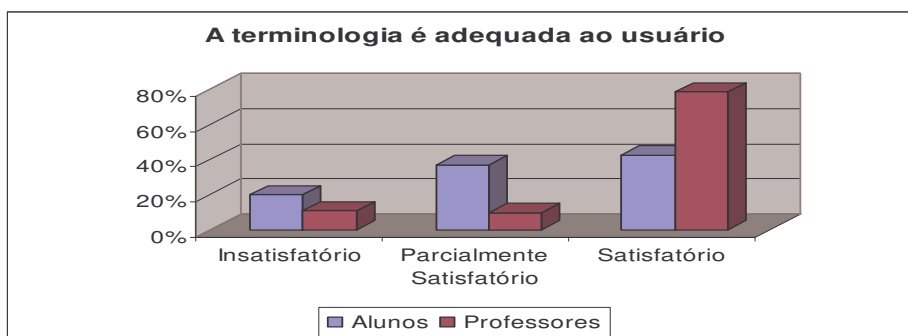


Gráfico 5.18- Adequação da terminologia

A maioria dos professores (79%) e 43% dos alunos afirmaram que a terminologia utilizada no *software* está de acordo com o desejado. Uma porcentagem considerável dos alunos (37%) e apenas 10% dos professores afirmaram ser parcialmente satisfatório. Essa porcentagem apresentada nas respostas dos alunos acredita-se que se deu pelo fato de alguns estudantes terem tido dificuldade de compreender alguns termos de Física relativos aos experimentos virtuais propostos. O restante, 20% dos alunos e 10% dos professores, optou pelo insatisfatório.

4.4.2.3 Grau de interatividade

Ao serem perguntados se o ambiente apresenta de forma desejada seu grau de interatividade, 81% dos professores e 80% dos alunos assinalaram de forma satisfatória. Entretanto, 14% dos professores e 13% dos alunos, disseram que era parcialmente satisfatório e apenas 7% dos alunos e 5% dos professores afirmaram ser insatisfatório. A alta porcentagem de satisfação comprovada por essa resposta demonstra um bom nível de adequação do sistema aqui proposto com o seu propósito principal que era promover a interatividade com o experimento físico.

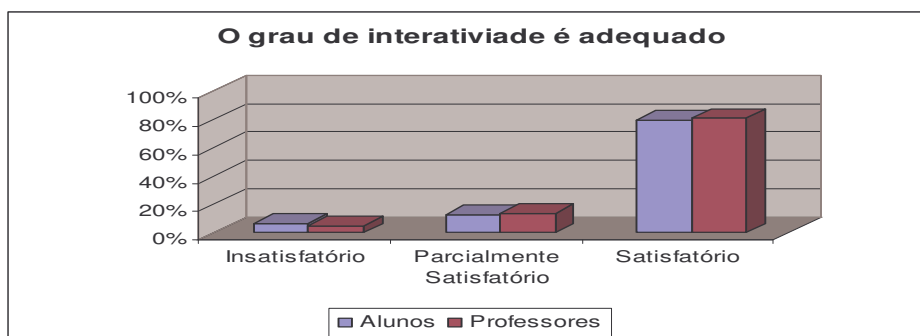


Gráfico 5.19 – O grau de interatividade é adequado

4.4.2.4 Incentiva postura ativa

No que se refere à mudança de postura promovida pelo ambiente, foi questionado aos entrevistados se o *software* incentivava uma postura ativa por parte do usuário.

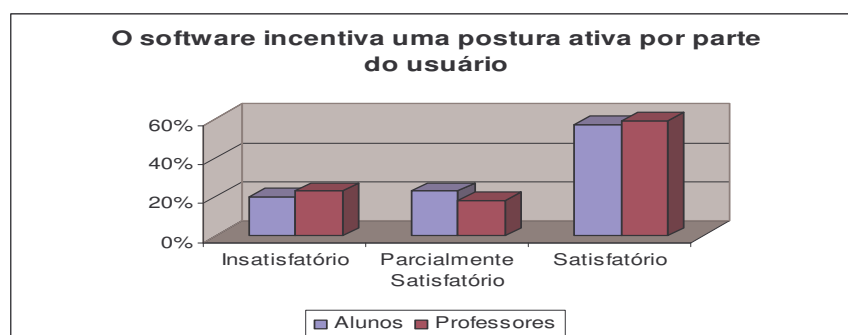


Gráfico 5.20 – Incentivo à postura ativa do aluno

Dentre os dados coletados destacam-se as seguintes respostas: 59% dos professores e 57% dos alunos afirmaram ser satisfatória; 23% dos alunos e 18% dos professores responderam parcialmente satisfatória e somente 20% dos alunos e 23% dos professores afirmaram ser insatisfatória. Apesar do equilíbrio apresentado nas respostas a essa pergunta, pode-se dizer que os usuários ficaram satisfeitos quanto ao potencial do ambiente em permitir uma postura ativa em face das situações abordadas em cada experiência virtual.

4.4.2.5 Controle do *software* pelo usuário

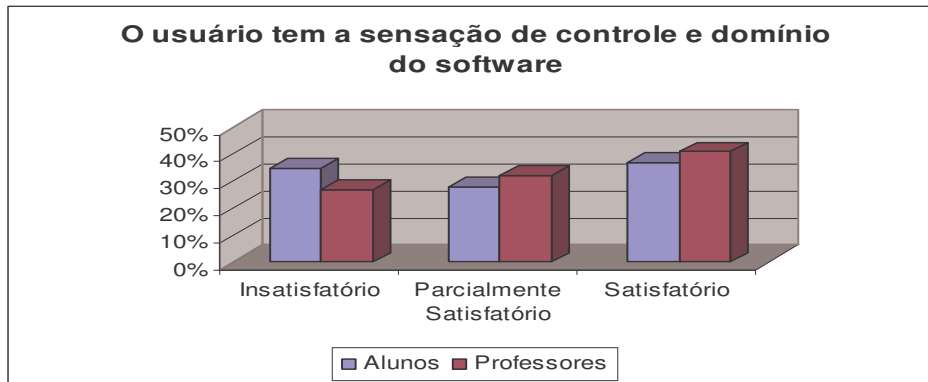


Gráfico 5.21– Controle e domínio do Software

No item acima, perguntou-se sobre a sensação de controle e domínio que o usuário teve em relação à utilização do ambiente. Esse item apresentou o maior equilíbrio entre todas as respostas: 37% dos alunos e 41% dos professores afirmaram ser satisfatório; cerca de 28% dos alunos e 32% dos professores optaram por parcialmente satisfatórias e, por fim, 35% dos alunos e 28% dos professores classificaram como insatisfatório esse item. Acredita-se que esse equilíbrio se deu pelo pouco tempo de uso do ambiente, tanto por parte dos professores como dos alunos envolvidos no experimento.

4.4.2.6 Facilidade de entrada e saída de telas

Sobre a facilidade de entrada e saída de telas, 92% dos alunos e 90% dos professores classificaram como satisfatório. Somente 3% dos alunos e 2% dos professores afirmaram ser parcialmente satisfatório e 5% dos alunos e 8% dos professores classificaram como insatisfatório.

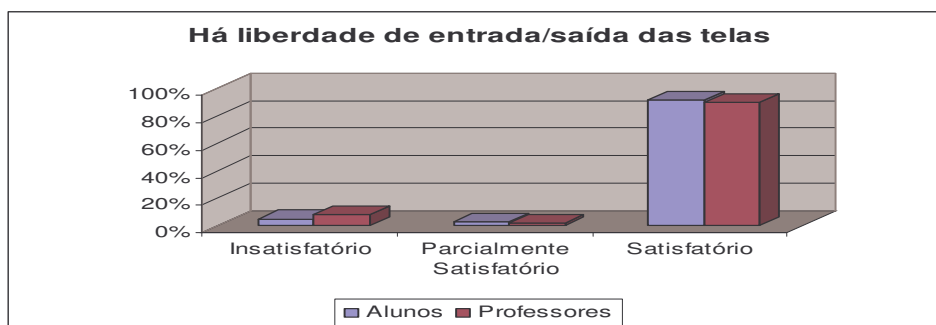


Gráfico 5.22 – Sobre liberdade de entrada/saída das telas

4.4.2.7 Multimídia adequada

Finalmente, perguntou-se a alunos e professores se a multimídia presente no *software* era adequada. Desses, a maioria dos alunos (73%) e professores (78%) avaliaram como satisfatório; 23% dos alunos e 19% dos professores consideram parcialmente satisfatório e somente 4% dos alunos e 3% dos professores acharam insatisfatórios.

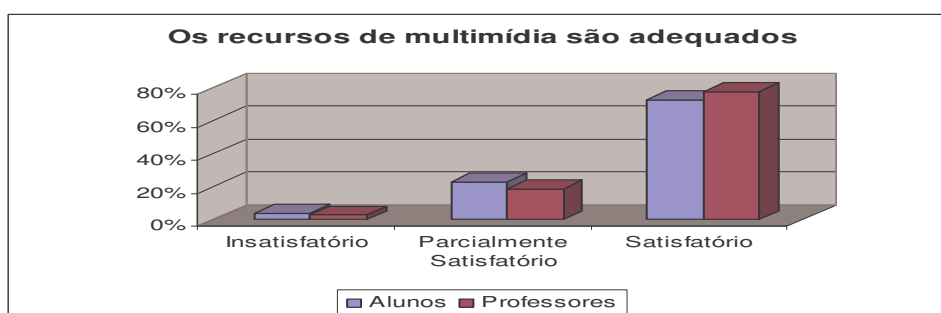


Gráfico 5.23 – Multimídia adequada

Dessa forma, verifica-se que, assim como na seção anterior, a maioria dos entrevistados, entre 50% e 96%, assinalou as questões de forma satisfatória.

4.4.3 Análise dos resultados de avaliação da usabilidade

Destaca-se finalmente nesta seção os resultados da avaliação de usabilidade do sistema. Através dos onze gráficos que se seguem é possível analisar de forma comparativa a opinião dos dois segmentos participantes da pesquisa. Nesta avaliação serão levados em conta aspectos referentes às necessidades educativas dos usuários, à aprendizagem com o uso do computador, a aspectos comuns aos diferentes tipos de usuários, à integração dos meios didáticos e à facilidade em utilizar o ambiente. Outras questões também investigadas na pesquisa como relevância do conteúdo, obtenção dos objetivos pretendidos, melhoria na qualidade da aprendizagem, vantagens em relação a outros meios, possibilidade de autoaprendizagem e relevância curricular serão abordadas.

4.4.3.1 Satisfaz as necessidades educativas

Iniciamos as questões referentes à usabilidade, perguntando aos entrevistados se o *software* satisfaz as necessidades educativas.

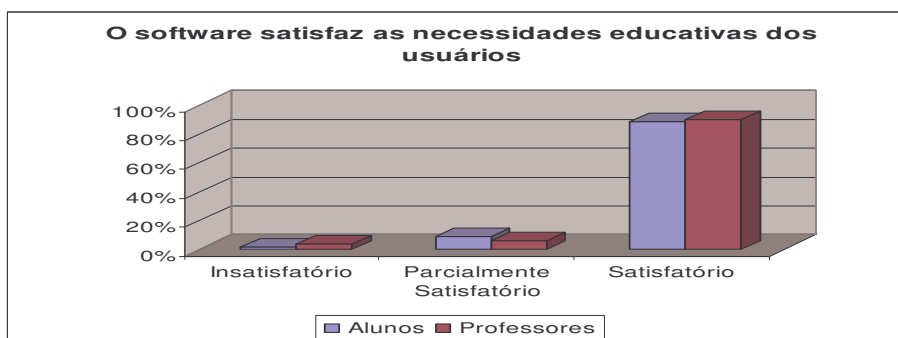


Gráfico 5.24 – Software satisfaz as necessidades educativas

Dentre as respostas coletadas na pesquisa destacam-se as seguintes: 90% dos professores e 89% dos alunos afirmaram ser satisfatória; 9% dos alunos e 6% dos professores responderam parcialmente satisfatória e somente 2% dos alunos e 4% dos professores afirmaram ser insatisfatória. Percebe-se que a maioria

dos entrevistados ficaram satisfeitos com o *software* em relação às suas necessidades educativas.

4.4.3.2 Uso adequado do computador

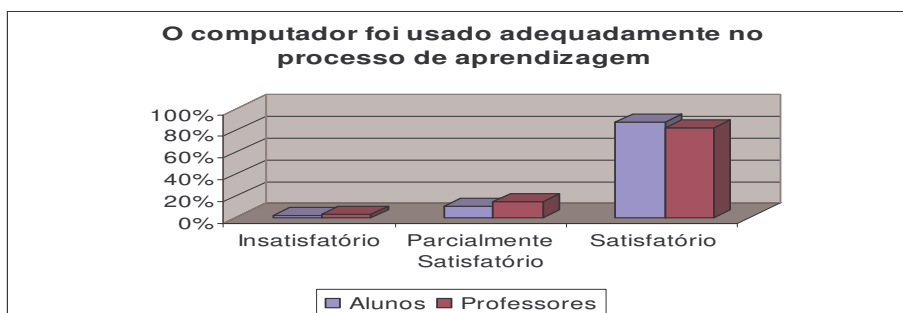


Gráfico 5.25 – Uso adequado do computador

Ao serem perguntados se através do ambiente proposto o computador foi usado adequadamente no processo de aprendizagem, 82% dos professores e 88% dos alunos assinalaram de forma satisfatória; 15% dos professores e 10% dos alunos disseram que era parcialmente satisfatório e apenas 2% dos alunos e 3% dos professores afirmaram ser insatisfatório. Nesse gráfico, torna-se claro que, para a maioria dos usuários, o computador foi utilizado adequadamente.

4.4.3.3 Satisfaz os diferentes tipos de usuários

No que se refere à satisfação dos usuários, foi indagado aos entrevistados se a proposta do ambiente de ensino satisfazia a diferentes tipos de usuários em relação às suas necessidades educacionais.

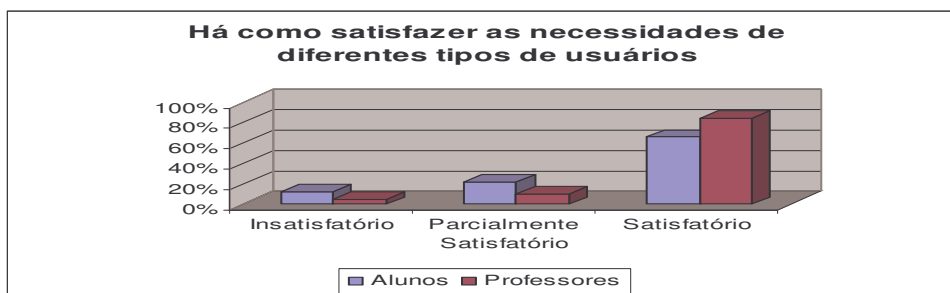


Gráfico 5.26 – O software satisfaz diferentes tipos de usuários

Dentre os dados coletados destacam-se as seguintes respostas: 85% dos professores e 66% dos alunos afirmaram ser satisfatória; 22% dos alunos e 10% dos professores responderam parcialmente satisfatória e somente 12% dos alunos e 5% dos professores afirmaram ser insatisfatória.

4.4.3.4 Integração de meios didáticos

Sobre a possibilidade de integração de diferentes meios didáticos, temos os seguintes resultados: 86% dos alunos e 61% dos professores disseram que é satisfatória; 27% dos professores e 9% dos alunos afirmaram ser parcialmente satisfatória e somente 5% dos alunos e 12% dos professores disseram ser insatisfatória.

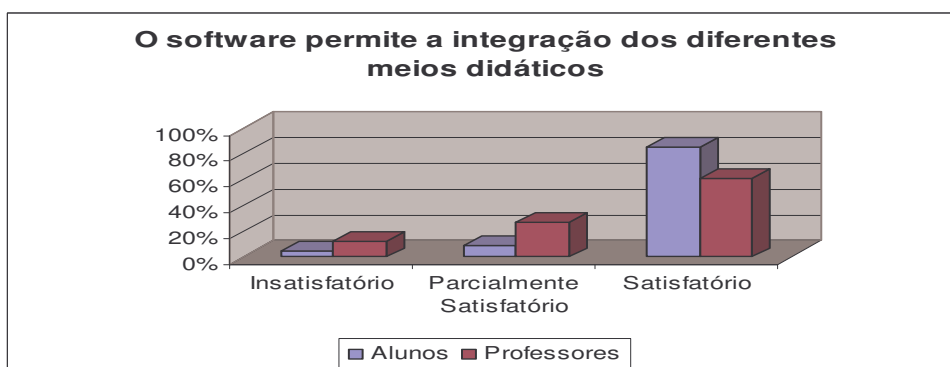


Gráfico 5.27 – Permite integração de meios didáticos

4.4.3.5 Facilidade de uso

Perguntou-se aos entrevistados sobre a facilidade de se usar o *software*. O questionamento gerou os resultados apresentados no gráfico abaixo.

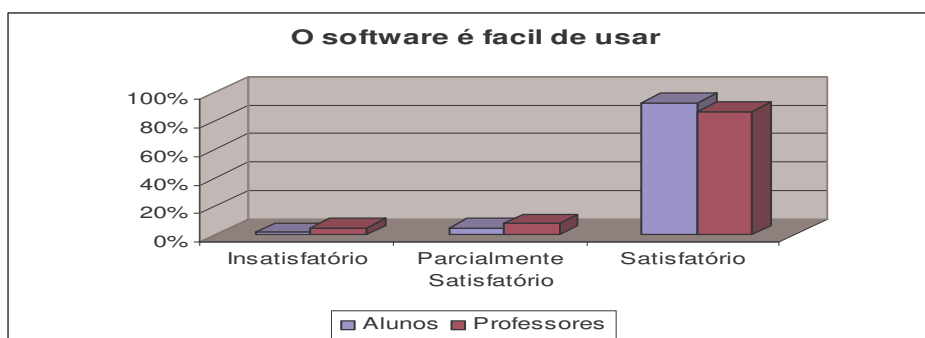


Gráfico 5.28 – O software é fácil de usar

Dos entrevistados, a maioria dos alunos (93%) e dos professores (87%) consideraram satisfatória, sendo que ainda 5% dos alunos e 8% dos professores consideraram parcialmente satisfatório e somente 2% dos alunos e 5% dos professores optaram por insatisfatório. Retrata-se aqui que a grande maioria dos usuários do ambiente durante a pesquisa afirmaram que o *software* é fácil de usar.

4.4.3.6 Relevância do conteúdo

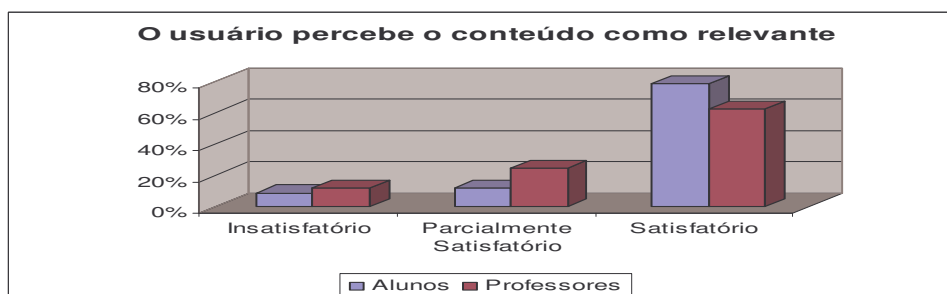


Gráfico 5.29 – O conteúdo é relevante no *software*

No item acima, constatou-se que uma porcentagem maior dos alunos (79%) e dos professores (63%) concordou que, através do ambiente, percebe-se o conteúdo como relevante. Em contrapartida, 12% dos alunos e 25% dos professores acreditam que se percebe a relevância do conteúdo de forma parcialmente satisfatória. Por fim, 9% dos alunos e 12% dos professores classificaram como insatisfatória a relevância dada ao conteúdo dentro do *software*.

4.4.3.7 Alcance dos objetivos pretendidos

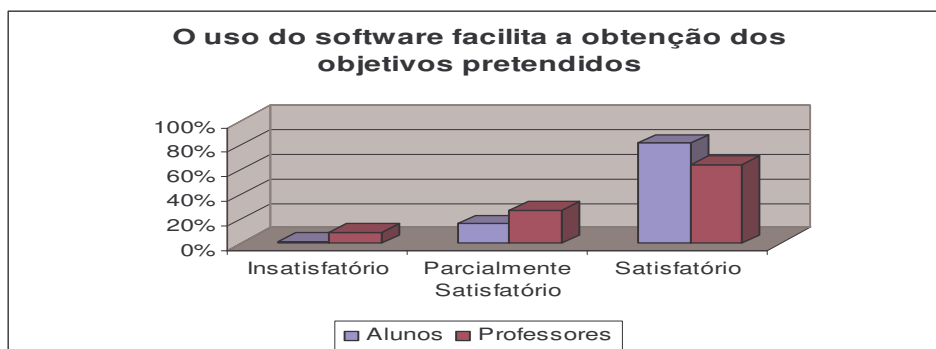


Gráfico 5.30 – Facilita o alcance dos objetivos

Sobre a indagação de que o uso do *software* facilita o alcance dos objetivos pretendidos, cerca de 82% dos alunos e 64% dos professores classificaram esse item como satisfatório; 16% dos alunos e 27% dos professores afirmaram ser parcialmente satisfatório e apenas 2% dos alunos e 9% dos professores classificaram como insatisfatório.

4.4.3.8 Relevância curricular

Ao serem indagados se o *software* é relevante e útil para a área curricular, 62% dos professores e 79% dos alunos assinalaram de forma satisfatória; 14% dos professores e 9% dos alunos disseram que era parcialmente satisfatório e apenas 12% dos alunos e 24% dos professores afirmaram ser insatisfatório. Nesse gráfico, torna-se claro

que, para a maioria dos professores, apesar de não terem uma formação específica no uso de tais recursos no ensino, acreditam que elas possuem potencial curricular.

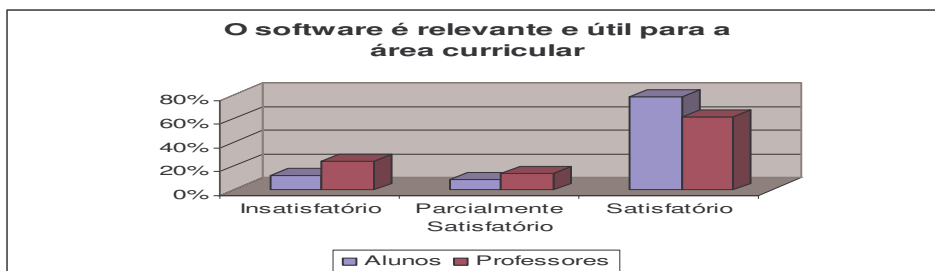


Gráfico 5.31 – Tem relevância curricular

4.4.3.9 Possibilita a autoaprendizagem

Pelo gráfico anterior, constatou-se que uma porcentagem maior de alunos (82%) e professores (72%) concordou que o *software* desenvolvido nesta pesquisa pode ser usado em autoaprendizagem de forma satisfatória. Em contrapartida, 13% dos alunos e 15% dos professores acreditam que ele poderia ser usado de forma parcialmente satisfatória e, por fim, os outros 5% dos alunos e 13% dos professores classificaram como insatisfatório para essa pergunta.

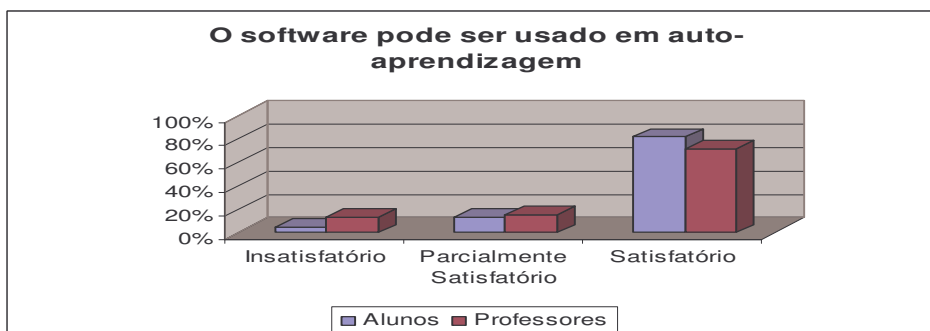


Gráfico 5.32– Uso na autoaprendizagem

4.4.3.10 Vantagens em relação a outros meios

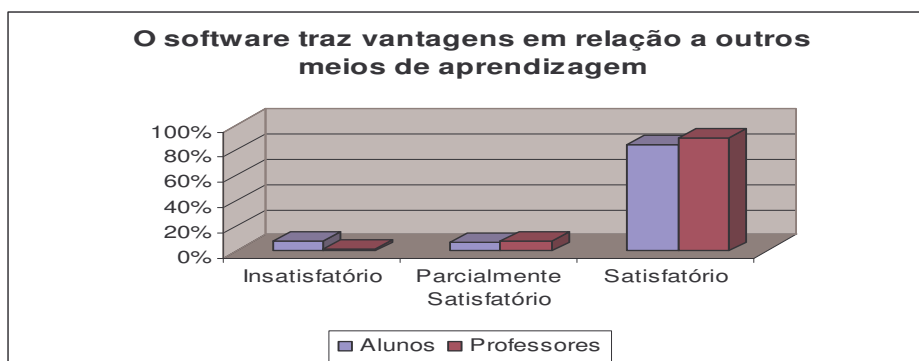


Gráfico 5.33 – Vantagem em relação a outros meios

No final dessa série de perguntas, indagamos a alunos e professores se o *software* traz vantagens em relação a outros meios de aprendizagem. Desses, a maioria dos alunos (85%) e dos professores (90%) avaliaram como satisfatório; 7% dos alunos e 8% dos professores consideraram parcialmente satisfatório e somente 8% dos alunos e 2% dos professores acharam insatisfatórios. Portanto, concluímos que uma grande maioria afirma que esse *software*, comparado com outros meios de aprendizagem, apresenta maior vantagem.

4.4.4 Análise dos resultados da avaliação do conteúdo programático pelos professores

Nessa e na próxima seção, serão analisados os resultados da avaliação do conteúdo programático realizada exclusivamente com professores de Física que utilizaram o ambiente. Através das seis questões que se seguem, analisaremos a opinião dos professores sobre o seguinte: valor do conteúdo- se denota exatidão científica e tem valor em si mesmo; intenção formativa do *software*; organização dos conteúdos e, finalmente, quantidade do conteúdo e complexidade das informações.

4.4.4.1 - Valor do conteúdo

Os professores entrevistados responderam à pergunta “O conteúdo disponível no *software* tem valor em si mesmo?”

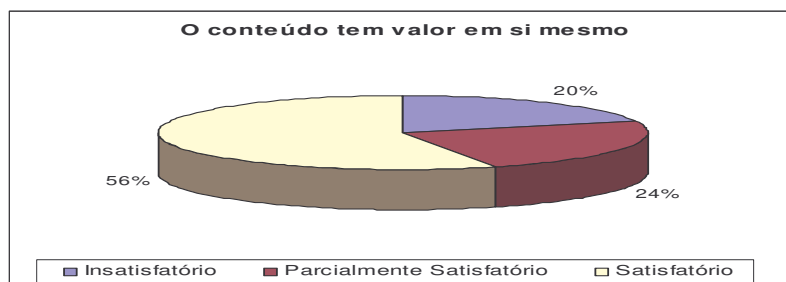


Gráfico 5.34 – Valor do conteúdo

Eis o resultado das respostas: 56% dos professores responderam de forma satisfatória à indagação acima; 24% afirmaram ser parcialmente satisfatória e 20% deles disseram ser insatisfatória.

4.4.4.2 Intenção formativa

No que se refere à explicitação de sua intenção formativa, o *software* foi avaliado pelos docentes e obteve resultado conforme especificado no gráfico abaixo.

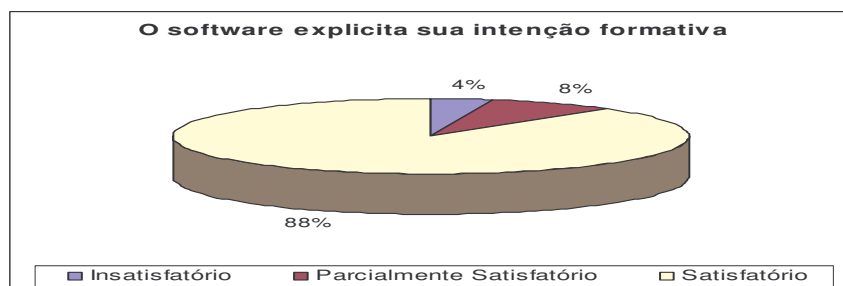


Gráfico 5.35 – Explicitação da intenção formativa

Dentre os dados coletados, destacam-se as seguintes respostas: 88% dos professores afirmaram ser satisfatória; 8% dos professores responderam ser parcialmente satisfatória e somente 4% dos professores entrevistados responderam que o *software* explicita sua intenção formativa de forma insatisfatória.

4.4.4.3 Organização dos conteúdos

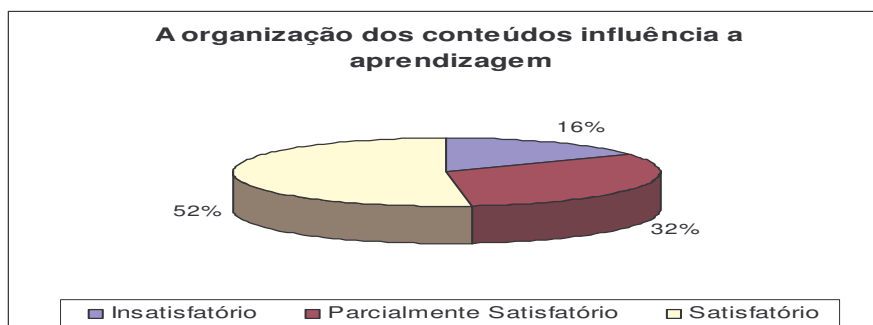


Gráfico 5.36 – Organização dos conteúdos

Indagados se a organização dos conteúdos no *software* influencia a aprendizagem de forma relevante, a resposta se configurou da seguinte maneira: 52% dos professores assinalaram a opção satisfatória; 32% disseram que era parcialmente satisfatório e apenas 16% afirmaram ser insatisfatório. Nesse gráfico, pretendia-se buscar a opinião dos docentes quanto ao aspecto de organização e sequência do conteúdo, pois os experimentos virtuais disponíveis no ambiente seguiam uma ordem de assuntos de forma a facilitar a aprendizagem.

4.4.4.4 Quantidade adequada de informações

No item acima, constatou-se: 72% dos professores consideraram a opção satisfatória para a questão referente à adequação da quantidade de informações no ambiente; 20% acreditam que ele poderia ser usado de forma parcialmente

satisfatória e, por fim, 8% dos professores classificaram como insatisfatória.

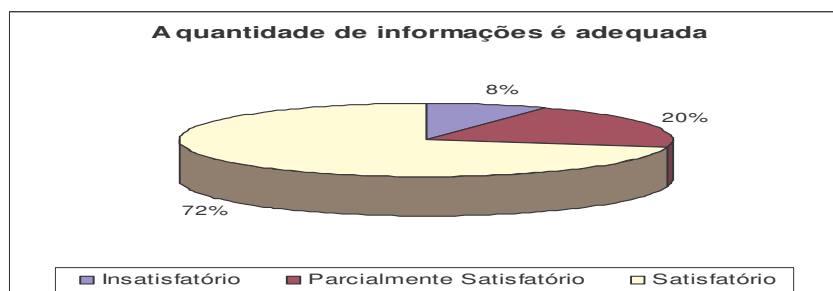


Gráfico 5.37 – Quantidade adequada de informações

4.4.4.5 Complexidade do conteúdo

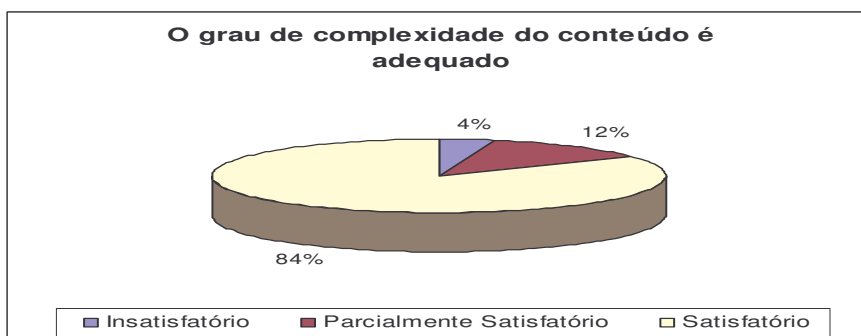


Gráfico 5.38 – Complexidade do conteúdo

Finalmente, foi indagado se o grau de complexidade do conteúdo era adequado e as respostas foram as seguintes: a maioria dos docentes (84%) avaliou como satisfatório; 12% consideraram parcialmente satisfatório e somente 4% acharam insatisfatório.

4.4.5 Análise dos resultados da avaliação sobre os aspectos pedagógicos

Nessa última seção, será analisada a avaliação dos aspectos pedagógicos. Essa avaliação, assim como a anterior, foi realizada

somente com docentes da área de Física. Nas últimas seis questões que se seguem, analisaremos a opinião dos professores quanto à adequação do *software* ao público a que se destinava, ao objetivo em consonância com o proposto e à adequação da avaliação. Três outros aspectos pedagógicos serão analisados: existência de uma proposta e fundamentação teórica, forma e conteúdo atrativos para o aluno e possibilidade de contribuição do ambiente como suporte à aprendizagem.

4.4.5.1 Adequação ao público

Perguntou-se aos professores se a ferramenta em análise era adequada ao público a que se destinava.

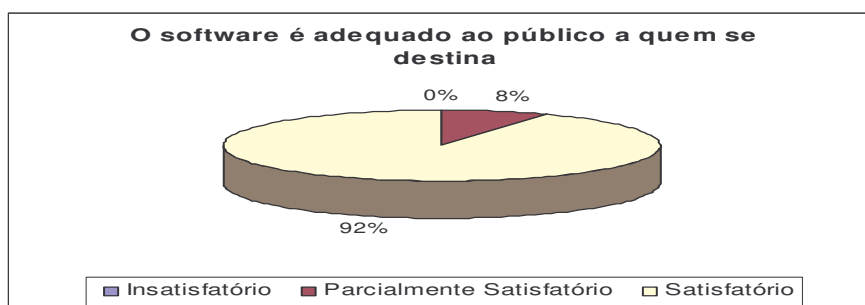


Gráfico 5.39 – Adequação ao Público

A maioria dos entrevistados (92%) considerou satisfatório e 8% assinalaram parcialmente satisfatório. Conseqüentemente, nenhum escolheu a alternativa que indicava o conceito insatisfatório. Esse gráfico mostra de forma efetiva que não apenas o conteúdo, mas todos os recursos disponíveis no ambiente estão adequadamente destinados ao público participante desta pesquisa, na opinião dos professores.

4.4.5.2 Adequação dos objetivos enunciados

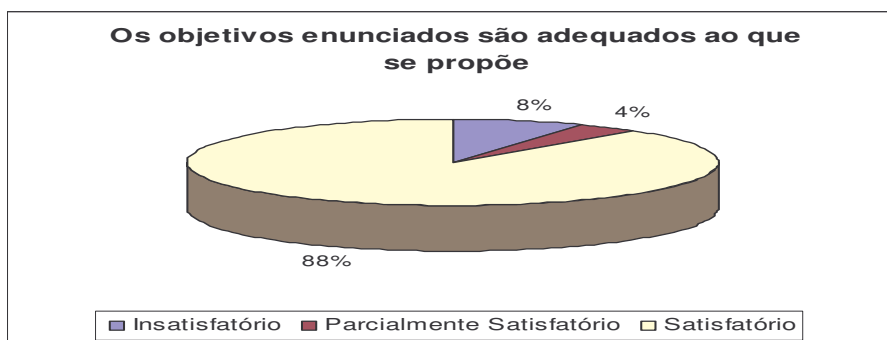


Gráfico 5.40 – Adequação dos objetivos enunciados

No item acima, verifica-se que, para os professores, os objetivos são adequados ao que se propõe o *software*. Constatou-se que 88% deles marcaram a opção **satisfatório** para a questão e 8% acreditam que ele poderia ser usado de forma parcialmente satisfatória. Finalmente, apenas 4% classificaram como **insatisfatório**.

4.4.5.3 Contribuição como suporte a aprendizagem

Verifica-se, no gráfico abaixo, a opinião dos professores sobre a contribuição do *software* como suporte à aprendizagem.

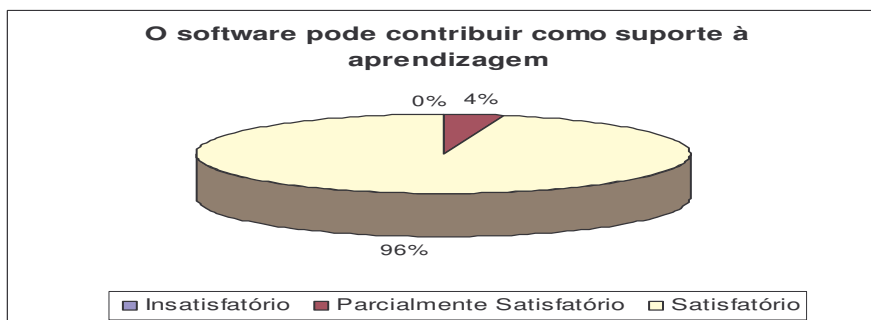


Gráfico 5.41 – Contribuição do software como suporte à aprendizagem.

No gráfico acima verifica-se o seguinte: 96% dos professores marcaram como satisfatório e somente 4% escolheram parcialmente satisfatório. Percebe-se, ainda, que não houve nenhuma escolha para o item insatisfatório, demonstrando a total segurança que os professores tiveram em afirmar que o *software* pode contribuir como suporte à aprendizagem.

4.4.5.4 Forma e conteúdo interdisciplinar

No gráfico abaixo, temos a opinião docente acerca da indagação referente ao conteúdo e a forma presente no *software*. Foi perguntado aos professores se a forma interdisciplinar como está disposto o conteúdo no *software* desperta a curiosidade e o interesse do aluno usuário. Esse questionamento surgiu devido ao fato de o conteúdo no TermoL@b abordar diversas situações contextualizadas de aplicações de conceitos e princípios da física térmica.

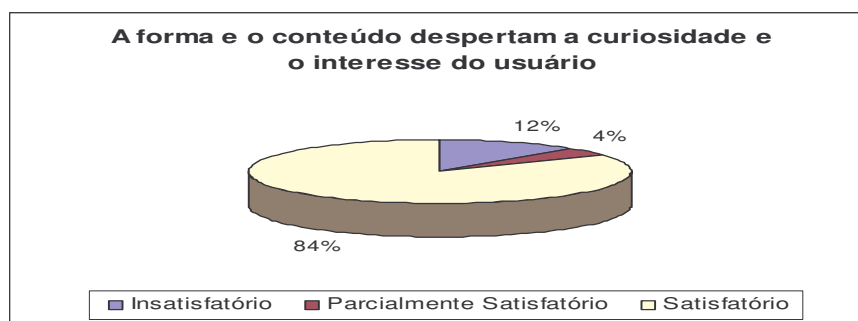


Gráfico 5.42 – Forma e conteúdo interdisciplinar

Segundo os professores entrevistados, cerca de 84% apontam que a forma e o conteúdo interdisciplinar presentes no TermoL@b despertam a curiosidade e o interesse do aluno de maneira satisfatória, 12% consideraram parcialmente satisfatória e, por fim, apenas 4% da amostra apontaram o item insatisfatório. Esses resultados nos fazem inferir a viabilidade pedagógica desse modelo educativo interdisciplinar utilizado para desenvolver o *software* proposto.

4.4.5.5 Proposta e fundamentação teórica

No gráfico, verifica-se que 72% dos professores marcaram **satisfatório** para a existência de uma fundamentação teórica e pedagógica embutida na aplicação. Os demais marcaram **parcialmente satisfatório** (20%) e **insatisfatório** (8%).

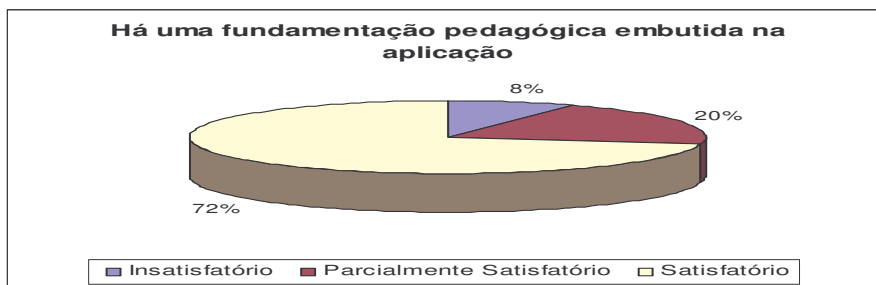


Gráfico 5.43 – Fundamentação teórica

4.4.5.6 Avaliação adequada

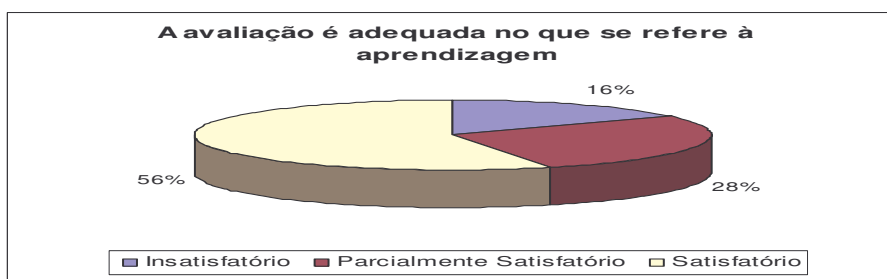


Gráfico 5.44 – Adequação da avaliação

Para finalizar a coleta de dados, perguntamos se eles consideravam adequada a avaliação que é proposta no ambiente. O gráfico acima mostra que 56% assinalaram satisfatório, 28% consideraram parcialmente satisfatório e 16% insatisfatório.

Portanto, constata-se que tais resultados comprovam a avaliação positiva feita pelos professores participantes da pesquisa em relação aos aspectos pedagógicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de ambientes computacionais voltados ao processo de ensino e aprendizagem surge cada vez mais a fim de minimizar dificuldades encontradas pelos alunos. Uma das disciplinas que mais tem se beneficiado com o surgimento de tais recursos é a Física. Tradicionalmente, essa disciplina é apontada por alunos como uma das mais difíceis. Tal dificuldade se deve a diversos fatores que vão desde a desmotivação por parte dos alunos até a escassez de recursos didáticos. A proposta deste trabalho foi, então, desenvolver um modelo educativo interdisciplinar para a concepção de um sistema computacional por meio de uma ambiente virtual educacional para o ensino de Física Térmica.

Nossa pesquisa teve como ponto inicial a definição de todos os requisitos do sistema, assim como suas funcionalidades. Tais requisitos foram apresentados por meio da UML e seus diagramas. Após a definição e caracterização do ambiente, implementamos sua interface gráfica, utilizando o tutorial *Flash*. Em cada etapa de desenvolvimento, buscou-se partir de princípios educativos que concebessem um modelo interdisciplinar para o desenvolvimento do *software* em questão.

Após a etapa de desenvolvimento do sistema ter sido completada, realizamos uma pesquisa de campo, a fim de constatar o potencial pedagógico e interdisciplinar dessa ferramenta e do seu modelo educativo de concepção. Aplicaram-se testes de verificação do potencial pedagógico do ambiente em duas turmas, sendo uma experimental e outra de controle. Por meio da aplicação desses testes de avaliação e com o auxílio do recurso computacional proposto foi possível traçar uma metodologia, a fim de verificar se o uso de recursos computacionais contextualizados aplicados ao ensino de Física proporcionaria uma melhoria significativa na aprendizagem. Tal fato pode ser constatado quando observamos as notas obtidas pelos dois grupos. Como a frequência absoluta das notas pelo Grupo Experimental ficou concentrada no intervalo de 7 a 8, enquanto as notas coletadas pelos participantes do Grupo de Controle encontraram-se entre 6 e 7, conclui-se que o uso do ambiente

proposto neste trabalho contribuiu para um melhor rendimento do primeiro grupo.

Por meio da análise dos polígonos de frequência fica claro que, no caso da turma X, a maior área se encontra no intervalo de 6 a 8 enquanto que, na Y, tal intervalo varia de 4 a 7, o que demonstra que, no universo considerado, a primeira turma concentra as maiores notas. Quando comparamos no polígono o comportamento das áreas nos intervalos de 1 a 4 em ambos os gráficos, constata-se que a turma Y possui uma área bem superior. Esses dois fatos nos permitem concluir também que a inserção do recurso computacional considerado gerou um aproveitamento com características de uniformidade qualitativa.

Com base nos resultados obtidos nas demais variáveis encontradas, consideremos a pertinência da inclusão da tecnologia computacional no cotidiano das escolas por meio de um *software* que apresenta recursos de simulação e conteúdos interdisciplinares, a fim de auxiliar alunos e professores no ensino e aprendizagem de Física. Os demais resultados obtidos neste estudo apontam também um acréscimo do rendimento da Turma X em relação à Turma Y, após a utilização do sistema educativo digital desenvolvido para o ensino de conceitos térmicos.

Quanto à análise dos resultados da avaliação do ambiente pelos alunos, percebe-se que o sistema atende as necessidades dos alunos quanto ao aspecto da similaridade e que seu uso não foi considerado complicado. Usando o ambiente foi possível estabelecer uma ligação entre seus recursos e o que havia sido visto em sala de aula por parte dos alunos. Finalmente, através dos aspectos de Proveito e Compatibilidade foi possível concluir que o ambiente é satisfatório para o objetivo proposto e que, apesar da atividade apresentada ter sido difícil, os alunos afirmaram que o uso do computador facilitou significativamente sua compreensão.

O desenvolvimento de tecnologias computacionais que auxiliam o processo de ensino e aprendizagem é sem dúvida, uma nova perspectiva nesse processo. Por ser o *software* educativo um recurso recente a ser utilizado na aprendizagem, (quando comparado com outros recursos históricos) é importante que seja feito o uso

adequado dessa tecnologia, permitindo que, através do computador, o aluno seja o agente ativo no processo dessa aprendizagem (FREITAS, 2003). Em outros contextos científicos também podemos destacar a importância do uso de tecnologias computacionais. Tais tecnologias não se destacam apenas por meio de *softwares*, mas também pelas próprias linguagens pelas quais eles são concebidos. Segundo Xavier, Xavier & Alves (2007) umas das linguagens que se destacam neste contexto é a linguagem R que é livre (*freeware*) e de códigos-fonte (*source-codes*) em aberto. Esses autores afirmam ainda que essa linguagem é dotada de excepcional capacidade gráfica de comportar a implementação de grande número de funções matemáticas e estatísticas, como também procedimentos complementares, indispensáveis à manipulação, compreensão e preparação de dados.

Na sessão 5.4 os resultados alcançados pela avaliação de alunos e professores quanto aos aspectos técnicos e pedagógicos nos permitem constatar que a minoria percentual dos participantes da pesquisa assinalou a alternativa “insatisfatório” para alguns dos itens avaliados. Dessa forma, verifica-se também que, para os dois segmentos, o *software* foi avaliado como “parcialmente satisfatório” ou como “satisfatório” e esse último caso prevaleceu para a maioria das respostas.

Dos dados coletados, a menor percentagem obtida para a alternativa “Satisfatório” foi de 37% para os alunos e 41% para os professores. Esses índices foram obtidos no item “O usuário tem a sensação de controle e domínio do *software*”, mostrando dessa forma que os usuários do sistema não tiveram total controle durante o uso do ambiente. Se considerarmos em conjunto esse item com as demais respostas, tais índices foram obtidos devido à limitação do tempo de uso do ambiente durante o experimento de campo. Desta maneira, fica claro que a utilização de uma ferramenta computacional aplicada ao ensino deve se dar por meio de atividades contínuas para que alunos e professores possam ter domínio de seu uso e, dessa forma, garantir sua qualidade de utilização.

Dos itens avaliados exclusivamente por professores, o que apresenta a menor percentagem na opção **satisfatório** refere-se

ao quesito A organização dos conteúdos influencia a aprendizagem? Nesse item, 52% afirmaram estar satisfeitos quanto à disposição dos experimentos virtuais na influência da aprendizagem dos alunos. Apesar de ser a maioria, tal percentagem foi a menor de todas e, por ela, concluímos que o *software* dispõe seus experimentos de forma contextualizada de acordo com a temática de seus módulos e que, por sua vez, não segue a ordem convencionalmente adotada em sala de aula. Para trabalhos futuros pretendemos adaptar o ambiente em uma ordem didaticamente convencional adotada por professores de Física e comparar tais resultados com os alcançados neste trabalho.

Apesar da limitação do tempo desta pesquisa, percebemos que os resultados apontados nos autorizam a fazer inferências otimistas, tanto para o modelo educativo interdisciplinar aqui proposto como para o uso da tecnologia computacional, via ambiente interdisciplinar, no ensino de Física. Dessa forma, ressalta-se que, se usado frequentemente, o sistema pode lograr resultados mais expressivos, levando o aprendiz a desenvolver seu raciocínio cognitivo com mais agilidade e segurança.

Outro ponto que podemos destacar da avaliação dos professores diz respeito aos resultados alcançados no gráfico 5.43. Os dados, em particular, desse questionamento validam de forma categórica a avaliação satisfatória quanto à importância da interdisciplinaridade apontada pelos próprios professores. Por meio desse resultado e das demais questões é possível afirmar que o modelo concebido neste livro é válido quanto à mediação pedagógica e possui elementos que buscam aproximar o usuário-aluno de situações físicas presentes em outras áreas da ciência.

Percebe-se que a utilização de tecnologias digitais na Educação, notadamente dos computadores aliados a softwares educativos, em qualquer nível de ensino é uma realidade que não pode ser mais negada, dado o grande número de escolas que dispõem desses recursos para alunos e professores. No entanto, acreditamos ser necessário realizar um maior número de pesquisas sobre a melhor forma de se utilizar esses recursos no âmbito escolar.

Nesse sentido, observa-se um crescente interesse na introdução das novas tecnologias de informação e comunicação no

processo de ensino e aprendizagem. Faz-se necessário educar de tal forma a garantir uma sociedade em que as pessoas não sejam apenas treinadas no uso de recursos computacionais, mas que atuem de maneira efetiva e de forma crítica, tomando decisões fundamentadas no conhecimento científico e social vinculado ao avanço tecnológico.

BIBLIOGRAFIA

ALBERT, E. **Development of the concept of heat in children**. Sci. Educ., n. 62, p.389-99, 1978.

ALMEIDA, M. E B. **O computador na escola: contextualizando a formação de professores**. 2000. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC; SEF - Secretaria de Educação Fundamental, 2000.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **PCN: 3º e 4º Ciclos do Ensino Fundamental – Português**. Brasília: MEC; SEF - Secretaria de Educação Fundamental, 1998.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias**. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

CAMPOS, Fernanda; CAMPOS, Gilda. **Instructional Design: new technologies and Educational Software Development**. BRAZILIAN SYMPOSIUM OF COMPUTERS AND EDUCATION, 8., 1997, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 1997.

CASTRO, C. M. **Computador na Escola: como levar o computador à escola**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

CLOUGH, E. E.; DRIVER, R. **Secondary Student's Conceptions of the Conduction of heat: bringing together scientific and personal views** Phys. Educ., n.20, p.175-82, 1985.

DEWEY, John. **Como Pensamos**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1953.

- EBERSPÄCHER, H.; KAESTNER, C. A. **Geração de uma ferramenta de autoria para sistemas tutores inteligentes hipermédia.** SYMPOSIUM INVESTIGATION AND DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SOFTWARE, 3., 1998, Portugal. **Anais...** Portugal: Évora, 1998.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro.** São Paulo: Edições Loyola, 1994. p. 25-27.
- FINO, C. Contra a unicidade curricular. **Arquipélago: perspectivas e debates**, Funchal, v.1, n.1, p.39-46, 1996.
- FRAWLEY, William. **Vygotsky e a Ciência Cognitiva.** Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.
- FREIRE, P. **Ideologia e educação:** reflexões sobre a não neutralidade da educação. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981.
- FREITAS, José Bento de. **Ferramenta computacional para o ensino de Eletrônica Analógica.** 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Computação) – Universidade Estadual do Ceará, Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2003.
- LEVIN, Jack. **Estatística aplicada as ciências humanas.** 2 ed. São Paulo: Harbra, 1987.
- LÉVY, Pierre. **As Tecnologias da Inteligência:** o futuro do pensamento na Era da Informática. São Paulo: Editora 34, 1993.
- LIBÂNEO, José Carlos. **Democratização da escola pública:** a pedagogia crítico-social dos conteúdos. 9 ed. São Paulo: Loyola, 1990.
- MACHADO, A. A. **Psicologia do esporte:** temas emergentes I. Jundiaí, SP: Ápice, 1997.
- MARINO, T.; VIOLINO, P; CARPIGNANO, G, A. New Interface Card for the Physics Lab. **Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference:** new ways of Teaching Physics. Ljubjana, Slovenia, 1996.
- MARTINS, M.; PEREIRA, M.; MARTINS, N. Computer Based Training in University Education. **Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference:** new ways of Teaching Physics. Ljubjana, Slovenia, 1996.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, jun.2002.

MELLO, G.N. **Cidadania e competitividade**. São Paulo: Cortez Editora, 1998.

OLIVEIRA, C. C., COSTA, J. W., MOREIRA, M. **Ambientes informatizados de aprendizagem**: produção e avaliação de software educativo. Campinas: Papirus, 2001.

PIAGET, J. **Aávia L' Educativa**. Paris: UNESCO, 1972.

_____. **Para onde vai a Educação**. Rio de Janeiro: Editora UNESCO, 1973.

PIMENTEL, E. P.; FRANÇA, V. F.; NORONHA, R. V.; OMAR, N. Avaliação contínua da aprendizagem, das competências e habilidades em programação de computadores. In: **Wie - workshop de Informática na educação da Sociedade Brasileira de Computação**, 9., 1999, Campinas. **Anais...** Campinas, 2003.

PINTO, Manuel. O currículo escolar e os media. In: **Novas Metodologias em Educação**. Porto: Porto Editoras, 1995. p.103-134.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da Educação. 2 ed. Petrópolis, RJ : Vozes, 1995.

ROGERS, L. The Use of Software to Explore Experimental Data. **Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference**: new ways of Teaching Physics. Ljubjana, Slovenia, 1996.

SANTOS, A. Formação a distância para progressão na carreira profissional: um caso real e inovador no Grupo Portugal Telecom. In: **Congresso Nacional de Informática Educativa (CONIED)**, 1999, Puertollano. **Actas...** Puertollano, Ciudad Real, Espanha, 1999.

SCHNEIDER, F. **Lês produits interactifs et multimédias**: méthodologies, conception, écritures. Grenoble: Presses Universitaires, 1993.

SILVA, Ceres Santos da. **Medidas e avaliação em educação**. Petrópolis: Vozes, 1992.

SILVA, Christina Marília T. da; ELLIOT, Ligia. G. Avaliação da hipermídia para uso em educação: uma abordagem alternativa.

Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, Brasília, v. 78, n. 188/189/190, p. 262 - 284, jan./ dez., 1997.

SOMMERVILLE, I., SAWER, P. **Requirements Engineering: Good Practice Guide**. John Wiley & Sons, England, 1997.

TAJRA, Sanmya Feitosa. **Internet na Educação: o professor na era digital**. São Paulo: Editora Érica, 2002.

UCHOA, Antonio Ribeiro. **Organizador Prévio Virtual Para o Ensino de Física**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Computação) – Universidade Estadual do Ceará, Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2003.

VALENTE, José Armando (Org). **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas, SP: Gráfica Central da UNICAMP, 1993.

_____. Criando oportunidades para aprendizagem continuada ao longo da vida. **Revista Pátio**, v. 4, n.15, nov.2000/jan.2001.

_____. **Informática na Educação: Instrucionismo x Construcionismo**. Campinas: Núcleo de Informática Aplicada à Educação -Nied - Universidade Estadual de Campinas, 1997. Manuscrito não publicado.

VASCONCELOS, F. H. L.; SALES, G. L.; CASTRO FILHO, J. A. de.; MELO, B. R. S.; Pequeno, M. C. Uma análise do uso de Objetos de Aprendizagem como Ferramenta de Modelagem Exploratória Aplicada ao Ensino de Física Quântica. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – CSBC, 27.; WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA – WIE, 13.**, 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IME, 2007.

VIDAL, Eloísa Maia. **Educação, Informática e Professores**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2002