

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
Programa de Pós Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física

Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio\*

**Leila de Jesus Gonçalves**

Dissertação realizada sob a orientação da Profa. Dra. Eliane Angela Veit e do Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre  
2005

---

\* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Dedico este trabalho a pessoas que Deus colocou em minha vida:

ao meu amor e companheiro de todas as horas;

à minha mãe pelo incentivo;

e aos meus colegas professores pelo apoio e amizade.

## AGRADECIMENTOS

### Agradeço

- a Leandro da Rocha Tavares, que muito me auxiliou com seus dons artísticos na confecção dos desenhos a mão utilizados no material educacional e pela sua paciência;
- a professor Marco Antonio Moreira, pela atenção e incentivo;
- à professora Eliane Angela Veit, pela dedicada orientação e auxílio;
- a professor Fernando Lang da Silveira, pela orientação e auxílio na parte do tratamento estatístico dos dados;
- a Renato da oficina do prédio H, pelos equipamentos confeccionados;
- a Sr. Waldomiro pela colaboração;
- às bibliotecárias Letícia e Zuleika pelos esclarecimentos;
- às colegas de mestrado;
- os meus alunos do ano letivo de 2004, da Escola André Leão Puento, pela receptividade.

*“A inteligência não só consiste no conhecimento,  
mas também na destreza de aplicar  
o conhecimento na prática”.*

*(Aristóteles)*

## RESUMO

Neste projeto utilizamos tecnologias educacionais – vídeos, animações e simulações interativas de eventos físicos - como atividades complementares às aulas expositivas e demonstrativas, visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio. As tecnologias foram utilizadas na sala de informática, onde era possível a interação do aluno com a simulação. Para tanto, produzimos um hipertexto sobre os conteúdos de Física Térmica abordados, incluindo muitas figuras, animações e vídeos. Este trabalho teve como referencial teórico a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, cuja principal característica é levar em conta o conhecimento prévio do aprendiz. Uma experiência didática foi realizada com o material produzido, envolvendo os alunos do segundo ano da Escola Estadual André Leão Puentes, sendo que destes, 58 alunos – grupo experimental - foram submetidos às atividades complementares e os demais, 53 alunos – grupo de controle – foram submetidos somente ao método tradicional. Os resultados mostram que houve melhorias estatisticamente significativas no desempenho dos alunos do grupo experimental, quando comparado aos estudantes do grupo de controle. A motivação para aprender, gerada pelas atividades complementares, e constatada por um questionário de avaliação, pode ter sido fundamental para atingir esses resultados. O hipertexto produzido e um teste para avaliação dos conhecimentos de Física Térmica estão incluídos no CD-rom, que integra esta dissertação, e poderá ser utilizado livremente por professores e alunos.

## ABSTRACT

In this project we used education technologies - videos, animations and interactive simulations - of physical events, as complementary activities to the traditional classes, in order to improve the conditions for the meaningful learning of Thermal Physics in high school. The technologies had been used at the computer science room, where students interact with the simulations. For so much, we produced a hipertext on Thermal Physics including many illustrations, animations, simulations and videos. The theoretical framework adopted was based on Ausubel's meaningful learning theory, whose main characteristic is to take into account the student's previous knowledge. A didactic experience was carried with second year high school students of the "Escola André Leão Puento", in the city of Canoas, RS, Brazil. Fifty eight students - the experimental group - were submitted to the complementary activities and fifty three others - the control group - were only submitted to the traditional method. The results of this work show that there has been a statistically significant improvement on the experimental group students' performance when compared to the control group. An evaluation query, shows that the student appreciate very much the project and of this might be fundamental to reach these results. Our hipertext and a test for evaluation Thermal Physics knowledge at high school level are included in a CD-rom attached do this work, and it is freeware for teachers and students.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	22
<b>4 PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	27
4.1 Condições de Trabalho .....	27
4.2 Material Desenvolvido.....	28
4.2.1 Hipertexto.....	29
4.2.2 Animações Produzidas.....	30
4.2.3 Animações Disponibilizadas.....	44
4.2.4 Experimentos e Vídeos.....	46
4.2.5 Simulações .....	52
<b>5 METODOLOGIA E RESULTADOS</b> .....	55
5.1 Metodologia.....	55
5.2 Análise dos resultados.....	59
5.2.1 Avaliação do questionário e observações.....	60
5.2.2 Análise do pré e pós-teste.....	64
5.3 Recomendações.....	67
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	69
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	71
<b>APÊNDICES</b> .....	76
Apêndice A - Teste.....	77
Apêndice B – CD-rom.....	81
Apêndice C - Questionário.....	82
Apêndice D - Observações e Comentários dos Alunos.....	83
<b>ANEXO</b> .....	86
Anexo – Textos da Profa. Dra. Célia Maria Soares Gomes de Sousa .....	87

## 1 INTRODUÇÃO

Recursos de informática têm sido cada vez mais explorados, tanto em instituições privadas quanto públicas de ensino. Nestas últimas, em menor número, mas com crescente incentivo, pois, pela atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação, o aluno deverá ser capaz de adquirir conhecimentos básicos, estar preparado cientificamente e ter a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs – (1999) também apontam a importância da atualização do ensino em relação à informação e incentivam e orientam o professor para a busca de novas abordagens e metodologias de ensino, visando às competências e habilidades a serem desenvolvidas pelo aluno, em cada disciplina.

Os PCNs indicam a necessidade das tecnologias serem incorporadas no aprendizado escolar como instrumento para a cidadania, para as relações sociais e para o trabalho, explicitando que o domínio dos recursos didáticos, como as novas tecnologias, também deve ser um objetivo do ensino das Ciências, Matemáticas e suas tecnologias.

Com o desenvolvimento tecnológico dos componentes eletrônicos e custo mais acessível, houve uma crescente procura por computadores nos lares e em escolas. Cantarelli (2004) cita uma pesquisa em que mais de 80% dos entrevistados brasileiros considera importante a inserção das crianças o quanto antes no mundo da informática. A fim de contemplar a procura, cursos de informática foram abertos para a aprendizagem desta ferramenta, utilizada em vários ramos do mercado profissional e da educação. Além disso, muitos recursos computacionais educacionais vêm sendo desenvolvidos para diferentes áreas. No ensino de Física, podem ocorrer de diversas formas, por exemplo, programas desenvolvidos para formulação de exercícios de múltipla escolha, nos quais o aluno obtém as respostas corretas ao final de cada exercício (*Hot Potatoes*), tutoriais (*Solotutoriales*), simulações (*Java Applets Physics*), modelagem (*Modellus, Excel, Stella*), planilhas eletrônicas (*Excel, StarOffice*), pesquisa eletrônica, comunicação e ensino a distância.

Consideramos como importante razão para a inserção de novas tecnologias na vida escolar, o fato de que elas fazem parte do cotidiano do aluno e o fato de que é preciso que haja uma adequação das escolas e dos profissionais da área de educação na produção,

desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias. Caso isto não ocorra, o mundo escolar tornar-se-á completamente distante do mundo vivencial do aluno.

A informática, além de estar presente no cotidiano de grande parte dos alunos, parece ser atraente para eles. Por isto, se a escola dispõe de condições físicas, deve aproveitar os meios disponíveis para modernizar suas aulas, principalmente quando não possui os recursos para um laboratório de Ciências. Para tanto, basta um computador, alguns programas e um profissional capacitado. Linha telefônica ou cabo podem favorecer ainda mais a situação, dando acesso à rede mundial de computadores - *Internet*.

Em relação ao ensino, as disciplinas da área das exatas, como Matemática, Física e Química ainda são as que apresentam maiores dificuldades para os alunos e muitos estudos são feitos procurando as causas para tal insucesso. Entre as razões para o não rendimento na aprendizagem em Física encontram-se as relacionadas aos professores e seus métodos de ensino em desacordo com as teorias de aprendizagem mais recentes e a não utilização de meios mais modernos (Fiolhais e Trindade, 2003). Em relação aos alunos, cita-se o insuficiente desenvolvimento cognitivo (op. cit. p. 259).

Nas Ciências, em geral, e na Física em particular, vários conceitos requerem uma certa abstração e torna-se difícil para os alunos trabalhar com esses conceitos que, além de abstratos, muitas vezes não são intuitivos. Segundo esses autores a capacidade de abstração dos mais jovens é reduzida e poucos conseguem fazer a conexão dos fenômenos físicos com a vida real (op. cit. p. 260). Além do caráter abstrato de alguns conceitos físicos, a dificuldade enfrentada no uso da Matemática, pode fazer com que os estudantes se sintam entediados ou desmotivados por não possuírem expectativa no seu estudo (Medeiros e Medeiros, 2002). Acredita-se, ainda, que o aluno tenha dificuldade em interligar as equações utilizadas como modelo da realidade com a realidade à sua volta, o que também dificulta a aprendizagem.

Cabe ao professor, então, proporcionar meios de aprendizagem mais eficazes, procurando ajudar os alunos a vencerem as dificuldades, buscando, sempre que possível, atualizar seus instrumentos pedagógicos, pois falhas na aprendizagem de conceitos complexos e difíceis de intuir poderão ocorrer, com maior frequência, se forem apresentados somente de uma forma verbal ou textual (Fiolhais e Trindade, 2003). Alguns destes meios podem ser providos pelas novas tecnologias, como propomos neste trabalho.

A construção curricular é outro fator que afeta o processo de aprendizagem, dizendo respeito à distribuição das disciplinas e dos conteúdos programáticos que devem ser ministrados durante o ano letivo. Em poucos casos esta distribuição é flexível. Além disso, há uma preocupação com o índice de evasão e de reprovação escolar que acaba atingindo o grupo docente e tornando a adoção de novos métodos ou outras possibilidades de ensino não muito simples (Meyer e Kruse, 2002).

Para o corpo docente é preciso vencer o conteúdo programático, o que com dois períodos semanais para a disciplina de Física - como é o caso do Colégio Estadual Protásio Alves, onde a autora desse trabalho ministra aulas - é um objetivo muito difícil de ser alcançado. No entanto, entrar em sala de aula e querer meramente vencer conteúdo não contribuirá para a formação do aluno. É preciso dar maior atenção à formação do que à informação, oferecendo a oportunidade para que os estudantes de escolas públicas que não possuem acesso a computadores fora do ambiente da escola, como é o caso dos alunos do referido colégio, tenham a possibilidade de se familiarizar com seu uso.

Acreditamos que, especialmente quando as experiências não podem ser realizadas, quer pela falta de condições físicas, quer pela falta de tempo hábil para tanto, as simulações devam ser introduzidas no sentido de ampliar as condições para uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos das mais diversas áreas.

É preciso salientar, entretanto, que a escolha da simulação, modelo ou programa computacional deve ser rigorosa e criteriosa, no sentido de que o material escolhido com determinado fim pedagógico satisfaça os objetivos propostos e facilite os processos de ensino e aprendizagem. Para tanto, é preciso que o professor identifique os objetivos do programa computacional, o modo como explora os conteúdos e os argumentos que utiliza para atingir os objetivos propostos. Também cabe ao professor identificar falhas ou problemas didáticos que possam gerar idéias erradas sobre o conteúdo. Sob o ponto de vista técnico, é preciso evitar dificuldades na sua utilização, seguindo as configurações mínimas do computador recomendadas para a instalação ou execução do programa.

Para facilitar a aprendizagem é necessário que o programa computacional tenha relação com o conhecimento prévio do aluno e apresente o conteúdo com clareza, ou pelo menos, num grau de subjetividade condizente com a estrutura cognitiva do usuário aprendiz. O programa computacional educacional deve possuir boa qualidade de imagens, sons, textos,

etc. de maneira que motive sua investigação e, se apresenta interatividade, o modo de interação deve ser tal que favoreça uma reflexão a respeito dos conteúdos.

Particularmente o ensino de Física deveria dar ênfase à parte conceitual ou qualitativa dos princípios físicos fundamentais. Neste trabalho nos interessamos pelos conceitos de Física Térmica em nível de ensino médio. Vários conceitos físicos da Física Térmica não são bem compreendidos ou são confundidos pelos alunos; por exemplo, os conceitos de calor, temperatura, energia interna e entropia. Na maioria das vezes isto se deve ao conhecimento adquirido pelo aluno em sua vivência diária e pela própria linguagem empregada, que nem sempre corresponde à linguagem aceita pela comunidade científica (Axt e Brückmann, 1989). Por isto, as definições devem ser formuladas precisamente e as diferenças entre os vários conceitos devem ser trabalhadas cuidadosamente para que o aluno adquira os conceitos científicos.

Escolhemos como tópico de estudo a Física Térmica devido não só às dificuldades usualmente enfrentadas pelos estudantes na interpretação dos fenômenos desta área, mas também, porque são poucos os experimentos realizáveis nos laboratórios ou demonstráveis. Além disso, os fenômenos que envolvem a troca de calor e o funcionamento das máquinas térmicas permitem uma melhor compreensão do conceito de energia e seus aspectos relevantes, como sua conservação, produção e transformação. Podemos, ainda, discutir elementos da estrutura da matéria, incorporando conceitos de Física Moderna como a radiação de corpo negro.

Com o uso de simulações e animações visamos facilitar a interpretação dos fenômenos térmicos de difícil compreensão ou abstração, e na abordagem de experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática, por serem muito perigosas, lentas ou muito rápidas (Fiolhais e Trindade, 2003; Cantarelli, 2004).

Adotamos a seguinte definição para simulações interativas:

“O programa de computador que simula fenômenos físicos modelados matematicamente em que o aprendiz poderá, através da ação, trocar significados, modificar a animação para atender seus objetivos gerais ou específicos com a apresentação dos reais conceitos, relacionamento entre grandezas, gráficos e referências” (Santos e Silva, 2003, p. 2335).

Assim, nas simulações interativas o aprendiz pode, através da alteração de parâmetros, verificar as possibilidades e limitações das suas hipóteses confrontando-as com o modelo físico apresentado, o que se constitui em um elemento potencialmente capaz de auxiliar na aprendizagem dos tópicos em estudo.

Acreditamos que a substituição de uma aula tradicional de Física, com quadro-negro e giz por uma aula em um laboratório de Informática, pode servir como motivação para os alunos. Porém, compartilhamos das colocações de Medeiros e Medeiros (2002) e entendemos que demonstrações em aula ou experimentos devem ser realizados para a percepção e discussão do fenômeno em análise. Assim em nosso projeto, apesar de utilizarmos largamente a informática, e mesmo não contando com um laboratório de Física nas escolas onde trabalhamos, optamos por fazer demonstrações de experimentos simples em sala de aula.

Tipicamente o período dedicado à Física Térmica no nível médio é de cerca de 16 horas-aula à 36 horas-aula, em escolas da rede pública. Para tratar assunto de tamanha importância em tão exíguo prazo, é indispensável que a seleção dos tópicos a serem abordados, bem como a sua profundidade, seja feita com muito cuidado, para evitar, como é muito comum, que grande parte do tempo seja gasto em discutir escalas termométricas e calorimetria, enquanto tópicos fundamentais, como energia interna, leis da termodinâmica e aplicações, como motores, sejam ignorados. Estrutturamos um conjunto de conceitos e tópicos da Física Térmica que entendemos apropriados para a introdução deste conteúdo no ensino médio. Construímos, então, um hipertexto, com diversos vídeos, animações e demonstrações, e o utilizamos em nossas aulas.

Encontramos muitas simulações interativas disponíveis livremente na *Internet* de excelente qualidade, por exemplo: Cavalcante et al. (2001); Fendt (2003); Hwang (2003); Pet Física UEM (2003), entre outras, imersas em um conjunto muito grande de outras tantas que não têm grande valor educacional. Afora isto, como a imensa maioria é em língua inglesa, seus textos explicativos não são aproveitáveis na escola de nível médio. Localizamos algumas simulações de qualidade, relevantes para o desenvolvimento dos tópicos de Física Térmica selecionados e elaboramos textos e hipertextos explicativos, de modo a poder explorá-las

apropriadamente. Quando não encontramos material livre apropriado, desenvolvemos nossas próprias animações, usando o programa da *Macromedia Flash*<sup>1</sup>.

Em nosso trabalho, além de animações e simulações utilizamos vídeos que mostram o funcionamento das demonstrações que foram realizadas em sala de aula ou no laboratório de ciências, para motivar os alunos em relação aos conteúdos de Física Térmica, que seriam abordados durante o trimestre. Os vídeos foram usados como “conteúdo de ensino” mostrando determinado assunto, de forma direta, pois informam sobre um tema específico orientando a sua interpretação através dos *links* que levam a soluções (Moran, 1995).

Os vídeos e suas respectivas demonstrações foram o ponto de partida, como estímulo à observação, procurando que o aluno identificasse questões e problemas e os relacionasse com os fenômenos que ocorrem à sua volta. Desta forma, serviram para que fossem identificados alguns conhecimentos prévios dos alunos e como organizador prévio dos conceitos que seriam abordados durante o trimestre. Conforme a teoria ausubeliana o organizador prévio é um material introdutório que visa facilitar a aprendizagem de tópicos específicos ou idéias estreitamente relacionadas.

Os vídeos educacionais também são considerados organizadores prévios, quando utilizados como um recurso para a aprendizagem, no sentido que a mente capta visualmente e relembra mais facilmente algo que foi visto do que apenas escrito ou ouvido, recorrendo ao que alguns denominam de memória fotográfica. Sendo possível explorar cores, sons, efeitos especiais e diversificar na linguagem para atrair e manter a atenção do estudante.

Os experimentos foram construídos com materiais caseiros e materiais de baixo custo, elaborados na oficina do Instituto de Física da UFRGS. Para as demonstrações também levamos emprestado da mesma instituição um modelo de motor quatro tempos.

Os vídeos foram filmados pelo professor Fernando Lang da Silveira, com uma câmara digital, e posteriormente editados com o auxílio do programa *Vídeo Wave III*<sup>2</sup> da Corporação *MGI* que permite variar o brilho, contraste e cor, criar efeitos especiais e animações, incluir textos coloridos e sons ou excluí-los, variar a velocidade com que aparecem e efetuar cortes. Com o programa podemos salvar os filmes em formato AVI ou MPEG; escolhemos este último, já que permite boa qualidade e facilidade para a exibição.

---

<sup>1</sup> Programa de uso livre por trinta dias e disponível em <http://www.macromedia.com/software/flash>

<sup>2</sup> Programa disponível em [http://www.roxio.com/en/products/videowave/include/vw3\\_upgrade.jhtml](http://www.roxio.com/en/products/videowave/include/vw3_upgrade.jhtml)

Nosso trabalho consistiu na produção de um CD-rom que contém textos, hipertextos, vídeos, animações e simulações interativas que exploram os conceitos e aplicações mais relevantes da Física Térmica de nível médio abordáveis em cerca de 32 horas-aula. Tal material poderá vir a ser utilizado por alunos e professores em atividades em classe, como material de apoio para complementar a teoria e como facilitador no processo de aprendizagem, ou ainda como fonte de consulta. Os conceitos fundamentais abordados foram contemplados com pelo menos uma animação, além de exemplos e de demonstrações de experimentos, possíveis de serem realizadas em sala de aula, além de sugestões de atividades práticas. Para muitas dessas atividades foram dadas orientações para os alunos, que visavam facilitar a dinâmica da aula, além de exercícios. O CD-rom deverá ser acessível e útil tanto para o professor quanto para o aluno.

No próximo capítulo, fazemos uma revisão da literatura dando enfoque ao advento da *Internet* e sua manifestação através do hipertexto e multimídia e de sua importância na sociedade atual, assim como sua utilização na educação. No capítulo 3, tratamos do referencial teórico que norteou nosso trabalho.

No capítulo 4 nos dedicamos ao processo de criação das animações e do material desenvolvido como recurso multimídia.

No capítulo 5 expomos a metodologia desenvolvida durante a aplicação do material educacional, as recomendações para sua aplicabilidade e análise dos resultados encontrados.

No último capítulo apresentamos os comentários finais e conclusões. Nos apêndices estão o teste e o questionário, assim como observações dos alunos e o CD-rom com o produto educacional. O anexo contém os textos elaborados pela Profa. Dra. Célia Maria Soares Gomes de Sousa como pseudo-organizadores prévios para o estudo de Física Térmica.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs – (1999) salientam a importância da atualização do ensino em relação à informação, sendo necessário acompanhar o ritmo de transformações que sofre o mundo, divulgadas através de vídeos, jornais e *sites* da *Internet* (op cit. p. 235). Indicam também a necessidade de incorporação de novos recursos didáticos que podem ser utilizados no ensino das Ciências e Matemática (op cit. p. 268).

Conforme Oliveira (2003), as chamadas novas tecnologias de comunicação e informação – NTCI - favorecem e oportunizam sensíveis mudanças nas relações, principalmente no convívio aluno-professor, além de ampliar os locais e os tempos de aquisição de saberes e competências, antes restritos à sala de aula e suas extensões tradicionais, sendo assim um recurso didático que deve ser explorado.

Para o ensino de Física há muitas atividades que atualmente utilizam a informática através de programas que procuram assemelhar-se com o modelo científico a fim de facilitar a construção do conhecimento dos estudantes de ensino fundamental, médio e superior. Entretanto, essas atividades ainda não são utilizadas por um número significativo de docentes.

Carlos Fiolhais e Jorge Trindade (2003) citam alguns motivos que justificam porque os computadores não estão sendo amplamente utilizados nas escolas pelos professores. Destacamos os seguintes motivos:

- ainda não há uma integração das novas tecnologias com as disciplinas;
- o *hardware* precisa ser constantemente renovado, o que influi em custo material, assim como a manutenção dos equipamentos em geral;
- a obtenção de programas tem custo elevado;
- o número de computadores é inferior ao número de alunos;
- os programas são pouco atrativos e com deficiência pedagógica;
- há dificuldades na obtenção dos programas de boa qualidade;
- há falta de formação dos docentes para sua utilização.

Detendo-nos no último item, é preciso, portanto, possibilitar aos professores a necessária ambientação aos novos métodos, e algumas vezes, ensiná-los a utilizar as

ferramentas tecnológicas. Hoje em dia é necessária a atualização e a capacitação contínuas de todos os profissionais, sob pena de ficarem desatualizados e deslocados frente ao crescente e abrangente desenvolvimento tecnológico. Os professores, como fontes de informação, não podem deixar de renovar seu conhecimento.

As vantagens e desvantagens do uso do computador como ferramenta de ensino também são assuntos para reflexões. Medeiros e Medeiros (2002) apresentam uma vasta revisão da literatura, incluindo argumentações de defensores do uso de simulações computacionais e de seus críticos. Dentre diversas outras vantagens apresentadas (op. cit. p. 80), destacamos:

- "permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- tornar conceitos abstratos mais concretos;
- apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- reduzir a ambigüidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual”.

Medeiros e Medeiros observam, ainda, que não se trata de se analisar somente as vantagens, "mas, igualmente, as bases epistemológicas das simulações computacionais que dão sustento aos prodigiosos benefícios que elas poderiam trazer para o ensino" (op. cit. p. 80).

Dentre os perigos e cuidados a serem tomados, mencionamos os que nos pareceram mais relevantes:

- a modelagem computacional envolve simplificações e aproximações do fenômeno real. O aluno precisa adquirir consciência deste fato;

- a investigação experimental de um fenômeno real e a de uma simulação são significativamente diferentes. Se tal diferença não for identificada, há o risco de que o aluno crie uma concepção errônea do fenômeno;
- a simples utilização da informática não garante ao aluno uma boa aprendizagem, pois parece limitar a possibilidade de os estudantes perceberem erros experimentais e os resultados nas simulações tendem a ser pré-determinados;
- a falta de cuidado ou de conhecimento na elaboração dos *softwares* pode ter como consequência modelos muito simplificados ou equivocados em relação ao modelo físico real.

Uma desvantagem adicional é a velocidade de conexão da rede de computadores, via linha telefônica ou banda larga, com a *Internet*. Esse problema pode ser contornado se os aplicativos (programas, simulações ou vídeos) a serem utilizados estiverem instalados nos microcomputadores ou gravados em um CD-rom, de modo que, não necessariamente, a rede precise ser utilizada.

O CD-rom possui a vantagem de grande capacidade para armazenamento de dados de qualquer espécie, como figuras, textos, vídeos, também mantém a integridade dos dados e pode ser utilizado em qualquer computador com unidade de CD, além de ser durável, ao contrário dos disquetes que também não possuem espaço suficiente para armazenamento de vídeos, por exemplo.

Já a *Internet* tornou-se a maior e mais ativa fonte de pesquisa, não só em casa, mas principalmente nas escolas, pois se torna prático localizar o assunto desejado em “motores” de busca, bastando digitar a palavra ou a frase que se deseja consultar para termos uma infinidade de resultados. O professor, nesse contexto, deverá ser o guia ou condutor auxiliando o aluno a procurar fontes seguras e selecionar o material com a informação mais relevante, sem ser um mero espectador, e sem deixar que os alunos fiquem desorientados durante a “navegação”. Assim o computador não será simplesmente uma máquina de passar o tempo e será de fato uma ferramenta educacional. Todavia a *Internet* não só permite a busca de informações, mas serve também como auxiliar do professor nos processos de educação a distância (EAD), utilizando como métodos de interação com o aluno *chats*, listas de discussão, videoconferências e correio eletrônico.

Desta forma compartilhamos com a idéia de Denardi et al. (2003, p. 2) que “o computador não deve ser inserido na educação como uma ‘máquina de ensinar’, com seqüência de instruções programadas - informatização instrucionista-, mas sim como uma

informatização construcionista que permita a reflexão e construção de idéias a partir da relação professor, computador, aluno e conhecimento”.

Acreditamos que as novas tecnologias de informação e comunicação, com as multimídias – recurso didático que combina imagens, sons, textos, simulações e vídeos em uso simultâneo – se constituem em recursos auxiliares no aprendizado, visto que podemos obter conhecimento por meio da interatividade e através da visualização de modelos baseados na realidade, favorecendo a assimilação ou reformulação de conceitos de maneira mais eficiente do que a aula tradicional com quadro-negro e giz. Assim, a combinação de interação e entretenimento pode facilitar o ensino e a aprendizagem.

Entendemos que o desenvolvimento do material educacional interativo, como nas multimídias, promove não apenas a distribuição dos conteúdos das disciplinas, mas também uma interligação entre disciplinas e aumento na motivação dos alunos, o que se reproduz no envolvimento dos mesmos com o material disponível. Um exemplo é relatado na dissertação de Guerra (2000), que cita a melhora de produtividade e rendimento no processo de ensino e aprendizagem, bem como o aumento na satisfação do aluno e melhoria no conteúdo didático e nos sistemas de avaliação com o uso da multimídia; fornece também algumas referências de relatos de experiências no desenvolvimento e aplicação de *softwares* educativos (op cit. p. 28).

A utilização de novas tecnologias aplicáveis ao ensino de Física tem sido discutida por pesquisadores (Nogueira et al., 2000; Yamamoto e Barbeta, 2001; Tavares, 2004), professores e interessados em um ensino de melhor qualidade; um ensino que possibilite uma aprendizagem significativa. Programas como *Java Applets*, por exemplo, para a realização de experiências virtuais, podem facilitar o ensino, mas sem garantias de sucesso na aprendizagem. Mesmo assim, várias tentativas de uso de simulações mostraram resultados positivos (Cavalcante et al., 2001; Santos e Silva, 2003; Santos et al., 2002), nos servindo como elemento motivador.

Nesse contexto, o uso de modelagem computacional é tido como indispensável e excelente para complementar e atualizar o ensino de Física (Veit et al., 2002). Veit e Teodoro (2002) discutem a importância da modelagem no processo de aprendizagem no ensino de Física, de acordo com os novos parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio – PCNEM – apresentando algumas características do programa *Modellus*, sob o ponto de vista

do ensino, enfatizando o processo de aprendizagem, a criação e investigação de representações de processos físicos aliadas às equações matemáticas.

Há autores, entre eles Silva (2003), que acreditam que o uso de modelagem no ensino de Física tende a modificar a imagem da Física como uma disciplina na qual fórmulas matemáticas complicadas devem ser memorizadas ou simplesmente decoradas. A modelagem pode facilitar a construção de significados, favorecendo uma aprendizagem construtivista.

Nos anos 80 e 90 muitas pesquisas foram realizadas com o intuito de identificar se há e quais são as concepções alternativas ou conceitos intuitivos dos alunos nos diversos níveis de ensino (Silveira et al., 1989; Silveira e Moreira, 1996; Barbeta e Yamamoto, 2002), especialmente porque o conhecimento preexistente na estrutura cognitiva, segundo a teoria ausubeliana, é determinante para que ocorra a aprendizagem. Interessamo-nos em particular pelos trabalhos que envolvem os tópicos de Física Térmica e Termodinâmica (Silveira e Moreira, 1996; Köhnlein e Peduzzi, 2002; Pereira e Ribeiro, 1989), utilizando em nosso trabalho um teste para detecção das concepções científicas baseado em Silveira e Moreira (1996), que segue no Apêndice A.

Além de facilitar o processo de aprendizagem, o uso de animações também pode servir como organizador prévio na aceção de Ausubel (Santos e Silva, 2003; Silva, 2003). Segundo Tavares (2002), com as animações interativas pode-se criar uma representação real e muito próxima do ideal de um fenômeno físico, que apresenta as características do fenômeno aos alunos, que passam a interagir, por exemplo, modificando as condições iniciais e observando as respostas, relacionando grandezas e outros parâmetros de tal forma que seus subsunçores, ou seja, suas idéias preexistentes, sejam modificadas e ampliadas para que ocorra a aprendizagem do novo conhecimento com esse novo material.

Segundo Yamamoto e Barbeta (2001), as simulações possibilitam uma melhor compreensão de certos fenômenos físicos na medida em que tornam possível a inclusão de elementos gráficos e de animações em um mesmo ambiente.

Além de facilitarem a formação de um modelo que nem sempre é simples para os alunos abstraírem, as simulações e os modelos dão a possibilidade de que o aluno adquira a capacidade de prever qualitativamente o que ocorrerá nos fenômenos, o que tem maior valor

no estudo da Física do que a manipulação e aplicação de fórmulas ou de outras ferramentas formais.

Por isso acreditamos que o uso de simulações facilita a interpretação dos fenômenos térmicos de difícil compreensão ou abstração. Ou ainda, são úteis na abordagem de experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática, por serem perigosas, lentas ou muito rápidas (Fiolhais e Trindade, 2003; Cantarelli, 2004).

Santos e Silva (2003) utilizaram animações interativas no ensino/aprendizagem de osciladores harmônicos simples e ondas mecânicas. Tais animações foram mostradas aos alunos antes das aulas teóricas, com resultados bastante positivos, quando comparados a alunos de turma de controle, onde não foram aplicadas.

Barbeta e Bechara (1996) utilizaram experimentos simulados no computador em aulas de laboratório de Física para estudantes de engenharia e como resultado mais evidente citam o aumento de interesse dos alunos nos tópicos de mecânica clássica estudados.

Na rede, além das simulações ou animações interativas (VRL, 2003; *Esempio*, 2003; Fendt, 2003; Pet Física UEM; 2003; García, 2000; Physlets, 2001), encontramos laboratórios que possibilitam a experimentação remota de processos físicos (CREF, 2003; *Optics*, 2003) quando a escola não possui instrumentação suficiente ou não possui um laboratório de experimentos.

Afora os laboratórios virtuais e simulações, podemos utilizar vídeos educacionais como organizadores prévios se aplicados como um auxiliar para a aprendizagem, visto que são um recurso atrativo na exploração de cores, sons e efeitos especiais e facilitam a memorização de informações melhor do que em leitura de textos. Nesse contexto, Moran (1995) utiliza o termo “vídeo como sensibilização”, quando ele é usado para introduzir um assunto, para despertar a curiosidade e servir de motivação para novos materiais. Além disso, o vídeo entretém a partir das sensações e emoções, passando pela intuição, atingindo a razão.

Em muitos casos, a introdução de vídeos na prática docente é uma inovação ao método, o que por si só, já desperta interesse dos alunos. E a aprendizagem será significativa no momento em que ocorre na mente de quem interage com o experimento ou vídeo, incorporando as principais idéias, sendo que “as percepções externas do mundo são únicas para cada indivíduo, mesmo que compartilhem sua realidade com os outros” (Tarouco, 2004).

Além disso, os filmes devem possuir relação com o assunto da aula, devendo o professor promover comentários entre os alunos e compará-los a vida real. Deve também ressaltar os aspectos, cenas, imagens, sons, efeitos e frases mais relevantes, lembrando ou retornando as suas respectivas cenas (Moran, 1995), de modo que seja mais do que uma simples exibição e para que o seu conteúdo não se perca.

Atualmente há muitas possibilidades de acessar e utilizar vídeos como, por exemplo, diversos canais via satélite e/ou via cabo, filmes em vídeo VHS, DVD ou CD, além dos que estão disponíveis na *Internet* ou na televisão de canal aberto.

Os vídeos educacionais também podem ser adaptados e conectados a hipertextos para auxiliarem no ensino. Com essa finalidade têm surgido novas tecnologias na indexação de vídeos, aliadas com a evolução dos padrões para a TV digital (Dalla et al., 2004).

Contudo, é preciso cuidado na escolha dos programas ou conteúdos que serão apresentados, pois podem ocorrer problemas de compreensão de áudio e imagem, se o local onde for apresentado não tiver boa acústica ou o equipamento reproduzidor não estiver em boas condições. Também pode haver problemas de linguagem, caso o idioma não seja o do aluno ou quando o aluno não é rápido na leitura das legendas. García e Romero (2004) citam problemas relacionados à duração do vídeo e muitas informações ao mesmo tempo.

Barbeta e Yamamoto (2002) realizaram um trabalho no qual exploravam o uso de vídeos digitalizados de experimentos, filmados em câmara VHS (*Very High Speed*) e convertidos para o formato AVI (*Audio Video Interleave*), para complementar as atividades em aulas de Mecânica Clássica.

Na rede (*Internet*) encontramos o Demo Physics Vídeo que disponibiliza para escolas, professores e alunos, por um prazo de cinco dias, gratuitamente, alguns vídeos de experimentos de Física.

No próximo capítulo apresentamos o referencial teórico utilizado, enfocando a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

As teorias de aprendizagem têm contribuído para o surgimento de algumas mudanças na educação, porém não no ritmo desejado. Segundo Fiolhais e Trindade (2003) “desde muito cedo que se procurou apoiar o uso pedagógico do computador nos conhecimentos sobre os modos como os estudantes aprendem”, mas a maior parte do material educacional que se prolifera na *Internet*, não leva em conta qualquer embasamento teórico e não contribui para a melhoria do ensino.

Segundo Moreira (1999b), a preocupação de entender como os indivíduos constroem seu conhecimento e como eles interpretam os eventos e objetos do universo é o objeto das teorias construtivistas ou do construtivismo. O autor destaca as teorias construtivistas de Piaget, Vygotsky, Kelly e Ausubel.

O referencial teórico utilizado neste trabalho tem como base a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel.

Acreditamos, assim como Silveira e Moreira (1996) que, independentemente do referencial teórico adotado, o conhecimento prévio dos alunos influencia no aprendizado de novos conhecimentos. Em particular, na teoria de Ausubel o conhecimento prévio é o fator mais determinante da aprendizagem. Segundo esta teoria, no processo de aprendizagem, a nova informação interage com os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, conceitos estes chamados de subsunçores (Moreira, 1999a).

Os subsunçores são idéias ou proposições que já existem na estrutura cognitiva do indivíduo que poderão ser a base que ele utilizará para formar ou reformular, junto a uma nova informação, novas idéias e conceitos com significado. Eles surgem nos indivíduos desde criança quando começam contatar os objetos à sua volta e passam a identificá-los e rotulá-los. Salientamos aqui que os subsunçores se modificam tornando-se mais abrangentes e organizados durante a mudança conceitual, e não ocorre o seu abandono ou troca por outro melhor ou com outro significado (op. cit. p. 45).

O subsunçor se modifica à medida que interage com a nova informação, tornando-se mais inclusivo e se relacionando mais facilmente com as novas informações recebidas. Além

disso, os subsunçores podem apresentar grandes diferenças de um aprendiz para outro, segundo as experiências de aprendizagem de cada um, pois, para Ausubel (2002), a capacidade de transformar conceitos significativos por parte do aprendiz é uma função do grau geral de desenvolvimento ou da capacidade intelectual do mesmo.

Assim, o novo conceito deve fazer sentido para quem o está aprendendo e deve ser apresentado numa linguagem que também faça sentido, pois a linguagem desempenha um papel de facilitador da aprendizagem significativa através da recepção e descoberta e sem ela a aprendizagem pode ser rudimentar (Ausubel, 2002, p. 5). Sendo assim, a linguagem na teoria ausubeliana é um fator importante para a formação de conceitos, para a manipulação dos mesmos e para a resolução de problemas.

Moreira (2000) relata que cada disciplina apresenta seus símbolos próprios, tipicamente palavras próprias e ensiná-las significa ensinar uma linguagem, um modo de falar e ver o mundo, sendo que cada linguagem representa um modo de perceber a realidade e enfatiza que “praticamente tudo que chamamos de ‘conhecimento’ é linguagem”.

Compartilhamos da idéia que cada matéria, e em especial a Física, apresenta uma linguagem particular, com símbolos característicos e inseparáveis e aprender a sua linguagem implica em perceber, pensar, abstrair e expressar diferentemente sobre o mundo (op. cit. p. 8).

Os alunos trazem conceitos próprios adquiridos com a observação dos fatos de seu dia-a-dia e de alguma maneira elaboram um modelo para sua interpretação. Por exemplo, nossos alunos possuem idéias prévias sobre temperatura, calor e energia e esses conceitos, já existentes na estrutura cognitiva do aluno, servirão como subsunçores para os conceitos físicos de calor, temperatura e a relação entre eles. Como muitas vezes os conhecimentos prévios não estão cientificamente corretos, podem prejudicar a aprendizagem destes. Ter ciência do que os alunos já sabem, inclusive de quais são suas concepções espontâneas é, na teoria de Ausubel, imprescindível para um ensino que leve à aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa é um processo em que uma nova informação se relaciona de forma não arbitrária e não literal com subsunçores preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo, tornando-o capaz de expressar e generalizar tal conhecimento. Neste processo o significado é um produto ou resultado da aprendizagem e não um atributo ou a significação do conteúdo daquilo que está para ser aprendido (Ausubel, 2002, p.133).

Ausubel explicita ainda como condição básica para que a aprendizagem significativa ocorra, que as informações a serem assimiladas deverão possuir conceitos relacionáveis na estrutura cognitiva do aprendiz, de forma substantiva e não arbitrária, com vínculo direto ao conhecimento pretendido, o qual deve ter significado lógico. E ainda, que o aprendiz deve se predispor a relacionar o novo material também, de forma substantiva e não arbitrária, à sua estrutura cognitiva. De forma “não arbitrária” significa que o novo material se relacionará com conhecimentos especificamente relevantes, que são os subsunçores (Moreira, 1999a). Assim, a aprendizagem será significativa quando as novas informações adquirirem significado para o aprendiz por meio da interação com os conceitos já existentes e a assimilação ocorrer de modo a contribuir para a sua diferenciação, elaboração e estabilidade.

A aprendizagem dependerá, entre outros fatores, do material disponível ao aluno. Esse material deve possuir “significado lógico” e possuir relação com os subsunçores preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Além disto, é preciso que o aluno esteja disposto a aprender (Moreira, 1999b). Se não houver interesse por parte do aluno, não haverá relação afetiva favorável, o que poderá impedir a interligação ou “ancoragem” dos novos conceitos com os já existentes em sua estrutura cognitiva.

Segundo a teoria ausubeliana, cabe ao professor investigar e diagnosticar os conceitos subsunçores que o aluno possui e procurar os recursos que possam produzir uma aprendizagem significativa. Para tanto, Ausubel propõe a utilização de organizadores prévios a fim de que sejam identificados ou desenvolvidos conceitos subsunçores, capazes de facilitar a aprendizagem significativa dos assuntos a serem apresentados. Um organizador, neste sentido, deve ser uma âncora estável entre o antigo e o novo conhecimento e deve suscitar idéias apropriadamente relevantes, disponíveis na estrutura cognitiva do estudante, para tornar o novo conhecimento realmente significativo, além de possuir maior poder de explicação e integração. Assim, a aprendizagem começa a ser significativa, os subsunçores tornam-se mais elaborados e o aprendiz passa a assimilar novas informações. Os organizadores prévios servem para facilitar a aprendizagem significativa na medida que funcionam como “pontes cognitivas”, preenchendo a lacuna entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa saber (Moreira, 1999b). Tais organizadores facilitam a aprendizagem através da alteração de idéias, fazendo com que o aluno estude no sentido do conteúdo geral para o conteúdo específico ou particular, funcionando de forma eficaz para vários aprendizes, pois as informações estão dispostas de forma altamente organizada e hierárquica na mente dos indivíduos, onde os

elementos mais específicos são ligados e assimilados a conceitos mais gerais e inclusivos de conhecimento.

O organizador pode ser expositivo ou comparativo. Será um organizador expositivo quando o novo material de aprendizagem não for familiar ao aprendiz; assim, o organizador deverá conter idéias e conceitos novos baseados no que o aprendiz já sabe, suprimindo a falta de idéias ou proposições relevantes, tendo uma relação de superordenação com o novo material de aprendizagem. Já um organizador comparativo é utilizado para integrar e/ou discriminar os novos conceitos similares ou distintos dos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, quando o novo material de aprendizagem for familiar ao aprendiz e pode ser simplesmente uma comparação entre o que o aprendiz já sabe e o novo conceito (Moreira e Sousa, 2003).

Na teoria ausubeliana o material introdutório que servirá de organizador deve facilitar a aprendizagem de determinados tópicos ou de idéias estreitamente relacionadas. Contudo, os materiais que sejam destinados a facilitar a aprendizagem de vários tópicos são chamados de “pseudo-organizadores prévios” (Sousa, 1980). Os pseudo-organizadores apresentam elementos inclusivos que poderão servir de âncora para a assimilação dos conceitos contidos no novo material mais detalhado, dando uma visão ampla e geral do assunto a ser discutido em aula (op. cit. p. 5).

O material que será apresentado como introdução ao material de aprendizagem em si, isto é, o organizador, possuirá um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade (Moreira e Sousa, 2003) e pode ser uma demonstração, um texto, um vídeo ou animações interativas que, segundo Veit e Teodoro (2002), enquadram-se no conceito de ferramentas computacionais capazes de auxiliar na construção do conhecimento e podem ser usadas para dar significado ao novo conhecimento por interação.

Nesse sentido, “a utilização de computadores para o ensino pode se tornar mais eficiente se uma interface apropriada, entre o aluno e a máquina, estiver disponível, fazendo com que o aprendiz possa aprimorar sua estrutura cognitiva a partir de seus subsunçores”. (Nogueira et al., 2000). Santos e Silva (2003) obtiveram bons resultados usando animações interativas do tipo *Java Applet* como organizadores prévios no estudo de ondas.

Em nosso trabalho utilizamos vídeos que mostram o funcionamento das demonstrações que foram realizadas em sala de aula ou no laboratório de ciências, para motivar os alunos em relação aos conteúdos de Física Térmica, que seriam objeto de estudo durante o trimestre. Os vídeos e as demonstrações dos experimentos foram utilizados como introdução ao conteúdo de Física Térmica e serviram como estímulo à observação e interpretação dos fenômenos físicos. Desta forma, serviram para que fossem identificados alguns conhecimentos prévios dos alunos e como pseudo-organizadores prévios dos conceitos que foram abordados durante as aulas.

No próximo capítulo daremos ênfase ao desenvolvimento dos recursos multimídia com as animações e demonstrações utilizadas e as condições de trabalho que encontramos.

## 4 PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo exporemos as características essenciais do material educacional por nós produzido, que inclui recursos de multimídia.

### 4.1 CONDIÇÕES DE TRABALHO

A relação de conteúdos abordados na Física Térmica no ensino médio é extensa. Para se ter uma idéia, a escola em que foi realizada a experiência didática de que trata este trabalho tem o seguinte programa, a ser coberto em cerca de 40 horas-aula.

Termometria:

- energia interna
- temperatura
- equilíbrio térmico
- calor
- quantidade de calor
- capacidade térmica
- calor específico
- mudanças de fase
- mecanismos de transferência de calor incluindo modelo de corpo negro
- dilatação dos sólidos

Termodinâmica:

- transformação do calor em energia mecânica
- trabalho realizado num sistema termodinâmico
- conservação da energia e primeira lei da termodinâmica
- energia interna e trabalho
- energia interna de um gás
- transformações gasosas
- máquinas térmicas
- segunda lei da termodinâmica
- motor de quatro tempos
- refrigerador

- entropia e a segunda lei da termodinâmica.

Para contornar o fator tempo, no material que produzimos procuramos abordar os tópicos mais relevantes desta extensa relação. O nível do material desenvolvido é compatível com o de bons livros de ensino médio existentes no mercado (Luz e Álvares, 1997; Gaspar, 2001; GREF, 1998; Hewitt, 2002). Os conteúdos, que se constituem em pré-requisitos indispensáveis, também foram de algum modo abordados.

## 4.2 MATERIAL DESENVOLVIDO

O material educacional produzido foi projetado para ser aplicado em um trimestre letivo e consta do seguinte:

- um CD-rom, que contém textos, hipertextos, desenhos, fotos, vídeos, animações e simulações interativas que exploram os conceitos e aplicações mais relevantes da Física Térmica de nível médio abordáveis em um total de aproximadamente de 40 horas-aula. Tal material poderá vir a ser utilizado por alunos e professores em atividades em classe ou como material de apoio, para complementar a teoria e facilitar o processo de aprendizagem. Também poderá auxiliar a disciplina de Química do ensino médio, visto que há conceitos comuns abordados pelas duas disciplinas (vide Apêndice B). As fotos foram tiradas com câmara digital de objetos reais e os desenhos foram feitos a mão livre, gerados com o *Flash MX* ou obtidos em sítios que disponibilizam figuras livremente. As fotos e as figuras foram editadas com o *Corel Photo Paint*;
- experimentos simples para demonstração em aula;
- um teste constituído por 25 questões de escolha simples que envolvem os conceitos de calor, temperatura, energia interna (vide Apêndice A). Este teste foi elaborado tendo por base um anterior, de Silveira e Moreira (1996), elaborado para o nível universitário. Foram incluídas questões que envolvem dilatação térmica e a segunda lei da termodinâmica, assim como foram extraídas questões que consideramos muito difíceis para o nível médio.

A escolha da elaboração do CD-rom surgiu pela crença de que é necessária a produção de materiais que possam ser utilizados pelos professores. A falta de tempo para a produção

desses materiais por um professor é um fator que não pode ser descartado, devido à sobrecarga de trabalho em busca de melhor remuneração. Ao mesmo tempo, um CD possui custo acessível e permite o transporte de grande quantidade de informações, sem ocupar espaço físico.

Colocamos nosso material no provedor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul devido à facilidade de acesso. Também poderíamos ter disponibilizado o material na rede através do “construtor livre” disponível na “Rede Escolar Livre RS” em <http://www.redeescolarlivre.rs.gov.br>.

#### 4.2.1 Hipertexto

O hipertexto foi elaborado com a linguagem *HTML* (*Hiper Text Markup Language*) que tem como vantagem o pouco espaço que ocupa e possui índices - menus - que permitem que o aluno localize um tópico específico e deste siga para outros assuntos referentes, conforme pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 – Tela de apresentação da página em *Html*

É comum que textos na *Internet* sejam escritos de forma fragmentada ou reduzida. Procuramos evitar isto, mantendo certa linearidade, e tomamos cuidado com a linguagem empregada, usando termos usuais em livros textos do Ensino Médio, para facilitar a superação

da dificuldade de interpretação de textos, apresentada por alguns alunos. Para diminuir o número de usuários que podem se perder com os *links*, optamos pela colocação do botão “VOLTAR”, muito útil para esses casos e para limitar a navegação durante as aulas.

A cada término de um tema foi incluída uma pequena lista de exercícios com o objetivo de reforçar e analisar o ganho de conhecimento sobre o conteúdo. No total foram formuladas 71 (setenta e uma) questões, que podem ser visualizadas no endereço <http://cref.if.ufrgs.br/~leila/exerc> (Gonçalves, 2004).

Os conceitos fundamentais abordados foram contemplados com pelo menos uma animação ou simulação interativa, além de exemplos e sugestões de demonstrações ou atividades práticas, possíveis de serem realizadas em sala de aula, e de fácil construção, tanto para o aluno, quanto para o professor, sem a necessidade de uma oficina para tanto.

Para as atividades envolvendo os vídeos e as simulações interativas foram feitas orientações ou roteiros para os alunos, que facilitam a dinâmica da aula.

#### **4.2.2 Animações produzidas**

Elaboramos animações com o programa *Flash MX*, que vem sendo amplamente utilizado para confecções de animações de diversos tipos, devido à dinâmica e flexibilidade que permite ao usuário explorar sua criatividade, por exemplo. É um programa que fornece elementos que permitem desenvolver aplicações multimídia e que apresenta grande vantagem na pouca memória que o trabalho final ocupa, facilitando a colocação de material na rede, sem que haja lentidão na visualização da animação, o que nem sempre ocorre com programas do tipo *Java Applets*.

Procuramos elaborar animações que fossem:

- atrativas;
- intuitivas;
- com qualidade de imagens;
- claras quanto aos comandos a serem dados pelo aprendiz;
- de tamanho apropriado para uma tela de computador;

- com pouco texto para que o aluno acompanhasse a animação sem perda de atenção devido à leitura;
- relacionadas com o conteúdo do texto complementar;
- de fácil compreensão para o usuário que não acompanhe o texto;

Produzimos 19 (dezenove) animações, sendo que 1 (uma) foi produzida pelo estudante de graduação em Física Pablo Darde (Darde, 2004). São elas:

1. Temperatura e Energia Cinética
2. Relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit
3. Relação entre as escalas Celsius e Kelvin
4. Dilatação Linear
5. Lâmina Bimetálica
6. Dilatação dos Gases
7. Calor
8. Equilíbrio Térmico
9. Capacidade Térmica
10. Calor Específico
11. Condução de Calor nos Sólidos
12. Estrutura da Matéria
13. Evaporação de um líquido
14. Transformações Gasosas
15. Primeira Lei da Termodinâmica: I e II
16. Entropia
17. Estrutura de uma máquina térmica
18. Motor de Combustão Interna (Darde, 2004)
19. Compressor de um Refrigerador

As animações podem ser utilizadas basicamente de duas maneiras: como auxiliar do professor nas aulas expositivas complementadas e/ou complementares às explicações orais dadas pelo professor, que também será o orientador (guia); ou aliadas ao texto explicativo, que servem como fonte de consulta, para serem utilizadas pelos alunos individualmente quando conectados a *Internet* ou no CD-rom, inclusive fora do ambiente escolar.

De um modo geral todas apresentam uma interface com recursos simples que facilitam o entendimento do que deve ser feito pelo usuário, tornando a interação usuário-animação simples. As animações foram baseadas no texto e apresentam de modo dinâmico as situações e fenômenos discutidos no mesmo. São valiosas no sentido que tornam ativos processos que não são visíveis na natureza e que também não são fáceis de descrever por meio de palavras, ou de desenhar, o que seria apenas uma imagem estática no quadro-negro, de um processo dinâmico. Muitas delas, quando inanimadas, são semelhantes às figuras encontradas nos livros didáticos mais utilizados.

Como o aluno consegue relacionar a variação de temperatura, e conseqüentemente sua medida, através de um termômetro, colocamos na grande maioria das animações desenvolvidas um dispositivo que varia a coluna do líquido termométrico indicando a variação de temperatura ocorrida. Como fonte de calor, produzimos uma lamparina semelhante às utilizadas nos laboratórios de ciências.

A seguir vejamos uma descrição das animações utilizadas e os tópicos que podem ser abordados:

### 1. Temperatura e Energia Cinética

Esta animação busca proporcionar ao aluno observar o que a elevação de temperatura provoca em um sistema, esperando que ele perceba que a temperatura é uma medida da agitação dos átomos e/ou moléculas de um sistema e caracteriza o seu estado térmico, ou seja, a temperatura é proporcional à energia cinética média das moléculas, que por sua vez está relacionada à intensidade do movimento.

A animação retoma a estrutura da matéria, como vista nos primeiros anos de estudo de Física e Química, ou seja, que toda matéria é composta por átomos e moléculas que se encontram em constante agitação. Não nos preocupamos aqui com o modelo atômico discutido atualmente em Física Moderna de partículas, o que será contemplado na animação sobre a estrutura da matéria.

Também retorna ao estudo de energia mecânica visto que, em virtude dos seus movimentos, as moléculas ou os átomos da matéria possuem energia cinética e, devido às forças de coesão entre elas, possuem energia potencial.

Também introduz um novo conceito: temperatura, relacionando a elevação da mesma, provocada pela colocação de lamparinas, ao aumento da velocidade das moléculas, que corresponde a um aumento de sua energia cinética.



Figura 2 – Animação: Temperatura e Energia cinética

## 2. Relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit

Esta animação mostra de forma dinâmica as figuras que costumam aparecer nos livros didáticos, ou são desenhadas no quadro-negro com a intenção de relacionar a proporcionalidade entre as escalas termométricas. Permite ao usuário verificar a temperatura na escala Celsius e seu correspondente valor na escala Fahrenheit para  $0^{\circ}\text{C}$  e  $100^{\circ}\text{C}$ . A idéia é levar o aluno a compreender que para valores intermediários é necessário conhecer a variação de temperatura em cada escala.

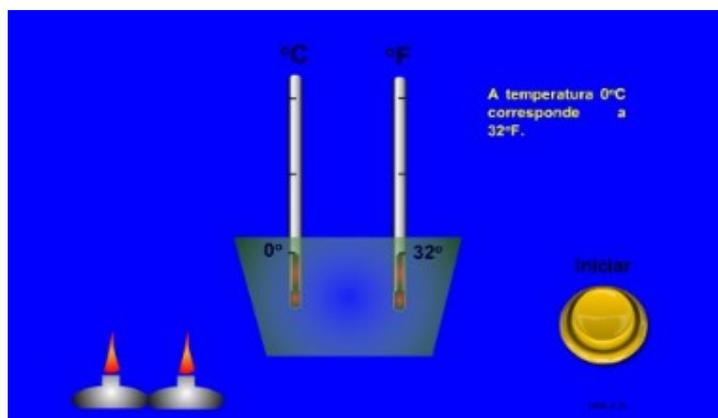


Figura 3 – Animação: Relação entre as Escalas Celsius e Fahrenheit

### 3. Relação entre as escalas Celsius e Kelvin

Semelhante à animação anterior, esta permite ao aluno verificar a temperatura em um termômetro graduado na escala Celsius e seu correspondente valor em outro termômetro graduado na escala Kelvin, salientando o zero absoluto e que a variação de temperatura em ambas as escalas é a mesma, chegando finalmente na conhecida relação  $T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$ .

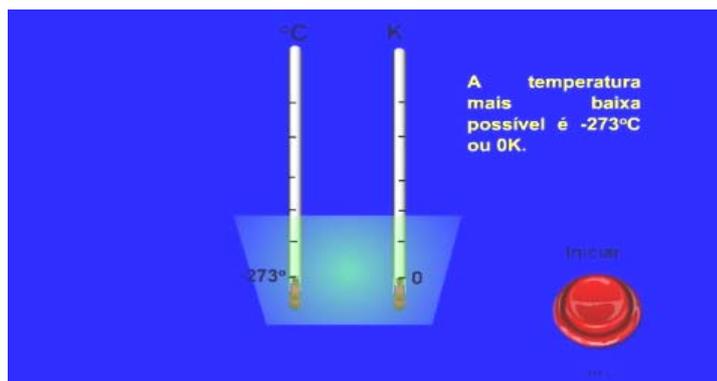


Figura 4 – Animação: Relação entre as Escalas Celsius e Kelvin

Produzimos também como um auxiliar e para que os alunos possam verificar a utilidade das novas tecnologias, uma simulação sobre medidas de temperatura nas diferentes escalas termométricas estudadas. O que normalmente é feito em aula tradicional, com cálculo, tanto na disciplina de Física, quanto na de Química.

O programa determina o valor da temperatura em uma escala quando fornecido o valor em outra, ou seja, faz a conversão de escalas termométricas. Para facilitar o processo indicamos temperaturas conhecidas de fenômenos reais em uma determinada escala e pedimos que o usuário encontre o valor em outra escala.

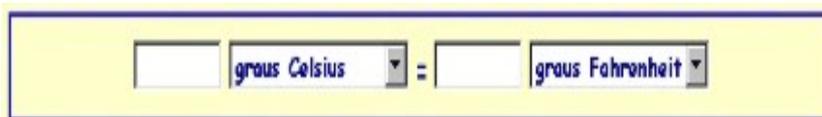


Figura 5 – Programa de Transformação de Escalas Termométricas

### 4. Dilatação Linear

Nesta animação procuramos mostrar a dilatação na extensão de um fio, ressaltando que esta se dá apenas em uma dimensão, pois em muitos livros a figura que aparece tem duas ou três dimensões, como um paralelepípedo (Paraná, 1998; Gaspar, 2001). Também

representamos a dilatação sofrida na extensão do fio identificando os comprimentos inicial e final. Questões como: que materiais dilatariam mais e que causas acarretariam uma maior variação no comprimento podem ser abordadas.



Figura 6 – Animação: Dilatação Linear

## 5. Lâmina Bimetálica

Após a compreensão das propriedades que influenciam na dilatação dos corpos e da importância do controle de temperatura, podemos observar de modo bastante simplificado um circuito que possui uma lâmina bimetálica, como num termostato, preparado para desligar quando a temperatura aumenta até um valor crítico. Também sugere discussões a respeito de diferentes materiais constituintes da lâmina.

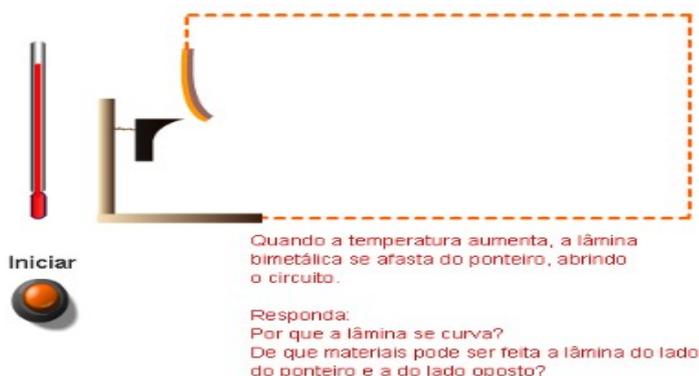


Figura 7 – Animação: Lâmina Bimetálica

## 6. Dilatação dos Gases

Em termos de dilatação volumétrica uma das mais atraentes, e não visível a olho nu, é a dilatação que ocorre com os gases. Esse foi o motivo que nos levou a projetar um balão de ar

quente. Para melhor compreensão do fenômeno são necessários o conhecimento prévio em densidade dos materiais e sua variação com a temperatura.



Figura 8 – Animação: Dilatação dos Gases

## 7. Calor

Com esta animação estamos trabalhando o conceito de calor como energia em trânsito evidenciando que é uma transferência de energia de um sistema para outro devido a uma diferença de temperatura e não depende de uma diferença de energia. E que o calor é espontaneamente transferido do corpo que possui temperatura mais alta para o que possui temperatura mais baixa, o que ressaltamos com a diferença de cores entre os corpos.

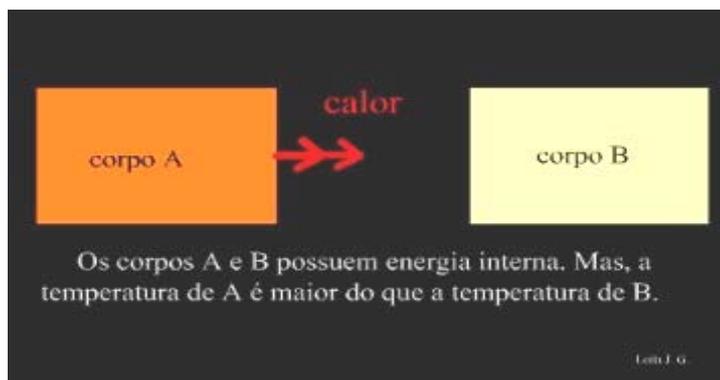


Figura 9 – Animação: Calor

## 8. Equilíbrio Térmico

Semelhante à animação anterior, com esta pretendemos evidenciar que o calor só é transferido enquanto os corpos possuírem temperaturas diferentes (representadas por cores diferentes). Ou seja, quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em

contato, atingem o equilíbrio térmico. Isto porque os corpos adquirem a mesma temperatura de equilíbrio (mesma cor) e neste momento deixa de ocorrer o fluxo de energia.

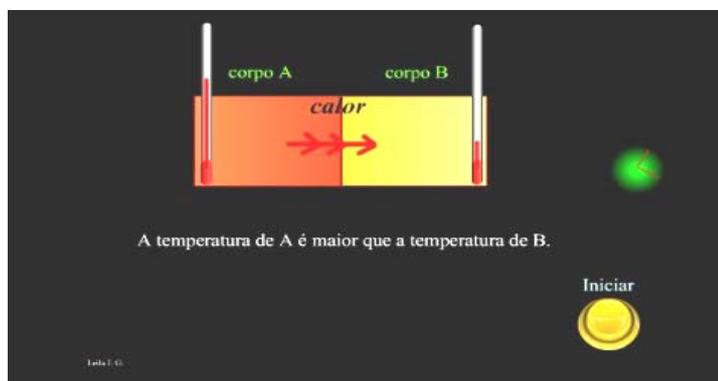


Figura 10 – Animação: Equilíbrio Térmico

Nas animações sobre calor e equilíbrio térmico colocamos um esquema de um relógio analógico com o intuito de mostrar que são fenômenos que não ocorrem instantaneamente, ou seja, que na maioria dos casos os processos ocorrem durante um certo tempo.

## 9. Capacidade Térmica

Trabalhamos apenas de forma qualitativa o conceito de capacidade térmica de um corpo. Com a animação pretende-se que o aluno verifique que a quantidade de calor necessária para variar a temperatura de uma certa quantidade de substância é proporcional à massa da substância.

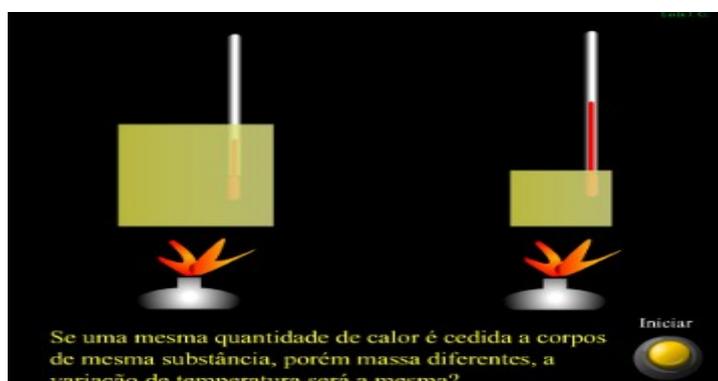


Figura 11 – Animação: Capacidade Térmica

## 10. Calor Específico

Também analisado de forma qualitativa o calor específico foi apresentado como complementar aos conceitos de calor e capacidade térmica. Nesse caso, foi fornecida a mesma quantidade de calor a três substâncias diferentes, logo com três calores específicos diferentes, porém de igual massa, e verificou-se a variação de temperatura.

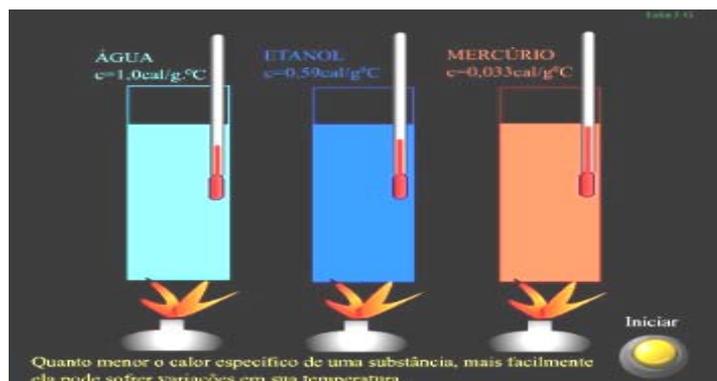


Figura 12 – Animação: Calor Específico

## 11. Condução de Calor nos Sólidos

A animação procura retratar uma placa metálica que contém alguns “pregos” presos com cera, a qual quando aquecida em uma das extremidades, conduz o calor de molécula a molécula, o que pode ser percebido pela troca de coloração das mesmas. À medida que a placa é aquecida, a cera derrete, possibilitando a queda dos pregos. No final, quando toda a placa estiver aquecida, as moléculas atingem mesma cor.

Com isto podemos nos reportar a estrutura da matéria, identificando os maus condutores e os bons condutores de calor, assim como retomar os conceitos de temperatura e energia cinética, equilíbrio térmico e calor.

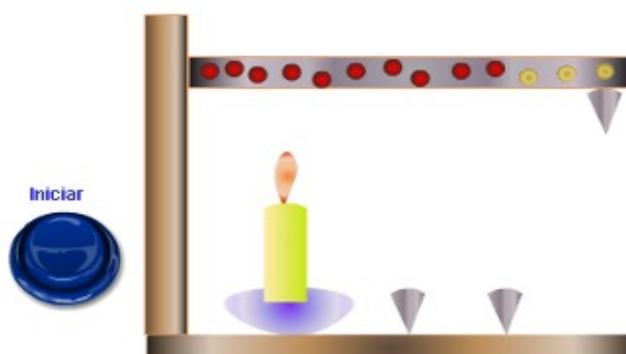


Figura 13 – Animação: Condução de Calor nos Sólidos

## 12. Estrutura da Matéria

Aqui procuramos reproduzir uma molécula de gelo e dar a sensação de que estamos nos aproximando do interior da molécula, passando pelo átomo até chegar às partículas fundamentais que atualmente são os quarks. Aproveitando para mostrar que a Física é uma ciência que está em constante evolução e desenvolvimento; que o que foi postulado na antiguidade já sofreu muitas mudanças e que muitas outras podem ainda ocorrer conforme o avanço tecnológico e pesquisas, tais como, a nanotecnologia.

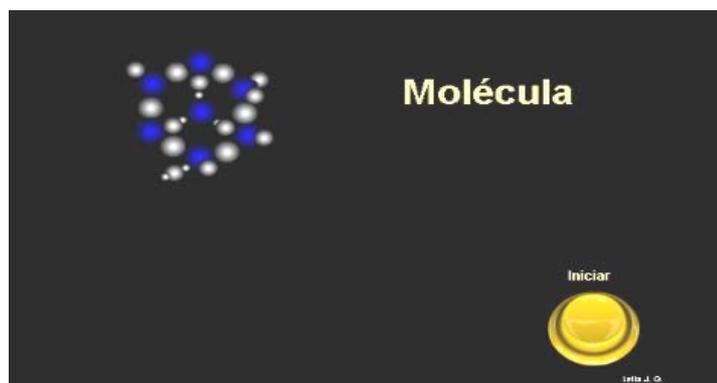


Figura 14 – Animação: Estrutura da Matéria

## 13. Evaporação de um Líquido

Uma das animações mais simples, que por isso foi convertida em um *gif* (*graphics interchange format*) animado, representa um dos fenômenos que ocorrem no cotidiano de nosso aluno, a vaporização. Procuramos promover a compreensão de que a evaporação pode ocorrer em qualquer temperatura.



Figura 15 – Animação: Evaporação de um Líquido

## 14. Transformações Gasosas

As transformações Isotérmica, Isobárica e Isovolumétrica também foram convertidas em *gifs* animados. Esta parte do conteúdo também é discutida pela disciplina de Química que ainda dá ênfase ao cálculo das variáveis de estado, dando atenção à Teoria Cinética dos Gases. Em nosso trabalho salientamos que a Teoria Cinética é válida também para sólidos e líquidos, mas é mais simples para os gases ideais devido a não haver interação entre os átomos; damos preferência à parte qualitativa, não só por ser assunto discutido mais longamente na disciplina de Química, mas em função do tempo escasso para maiores estudos.

Cada animação procura fazer com que o aluno perceba que quando uma das variáveis de estado permanece constante as outras duas variam, mas que esta variação não é necessariamente a mesma.

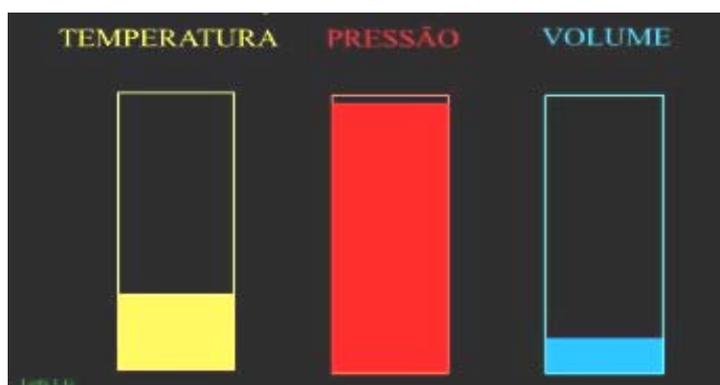


Figura 16 – Animação: Transformações Gasosas

## 15. Primeira Lei da Termodinâmica: I e II

Para uma melhor compreensão dos fenômenos térmicos, é necessário conhecimento sobre o que significa “sistema” e “meio”, termos comuns no estudo da termodinâmica.

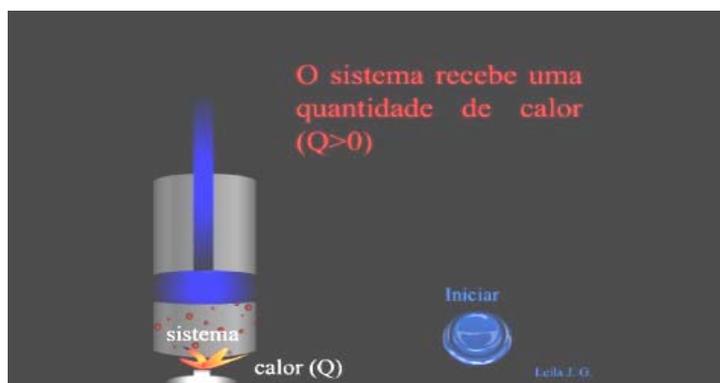


Figura 17 – Animação I: Primeira Lei da Termodinâmica

Podemos explorar como o sistema realiza trabalho e como isso ocorre, assim como um sistema pode sofrer a realização de um trabalho, retomando a idéia de agitação térmica e relacionando os conceitos de calor, trabalho e energia. Exploramos então, a Primeira Lei da Termodinâmica fundamentada no Princípio da Conservação da Energia. Explorando também a conversão de energia e sua degradação para chegarmos ao enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica.



Figura 18 – Animação II: Primeira Lei da Termodinâmica

A termodinâmica, na interpretação dos fenômenos que envolvem trocas de calor e transformação de energia térmica em energia mecânica, colabora para a compreensão do conceito de energia e de suas transformações, degradações e de sua conservação.

## 16. Entropia

Esta animação foi adaptada de uma encontrada na rede, disponível em <http://www.achillesmaciel.hpg.ig.com.br/entropia.htm>. Com ela podemos estudar o conceito de entropia e podemos relacioná-lo com o conceito de energia e Segunda Lei da Termodinâmica.

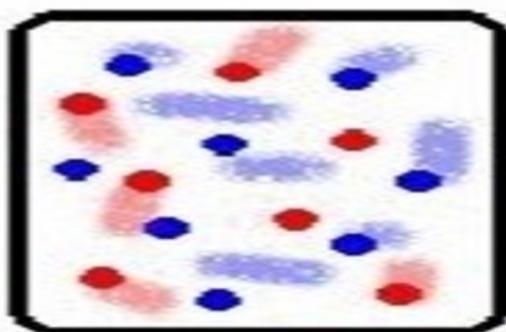


Figura 19 – Animação: Entropia

## 17. Estrutura de uma Máquina Térmica

A interface desse modelo é muito comum nos livros didáticos. Aqui, simplesmente associamos movimento às setas, indicando que a troca de calor obedece à Segunda Lei da Termodinâmica. Pode-se explorar, então, o sentido espontâneo da troca de calor, degradação de energia e irreversibilidade de processos termodinâmicos até o conceito de entropia.

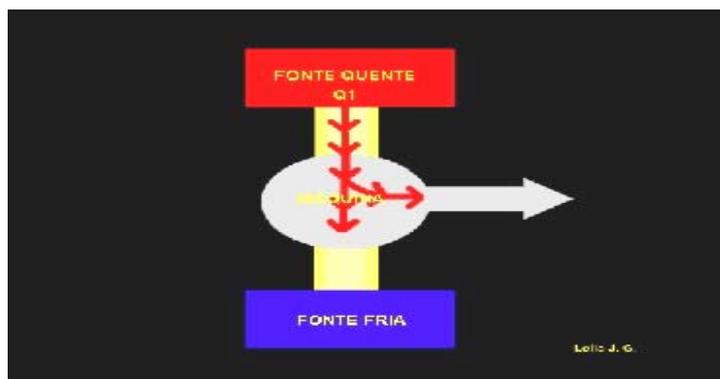


Figura 20 – Animação: Estrutura de uma Máquina Térmica

## 18. Motor de Combustão Interna

Essa simulação foi feita pelo aluno de graduação em Física Pablo Darde (Darde, 2004) sob orientação do professor Fernando Lang da Silveira. No primeiro momento é possível ao estudante identificar as partes principais que compõem um motor de combustão interna do tipo Otto (isto é, que aspira uma mistura de ar e combustível). A seguir, a animação passa pelos quatro tempos do ciclo deste motor. O aluno pode acompanhar as alterações nas variáveis de estado pelo gráfico: pressão versus volume, ao lado, onde uma bolinha acompanha o processo e desenha o ciclo simultaneamente; ou através das barras semelhantes às utilizadas nas animações sobre Transformações de Estado e que indicam os valores mínimo e máximo de cada variável durante o ciclo. Cabe ressaltar que o aluno, da escola em que o trabalho foi aplicado, não está acostumado à análise gráfica visto que não é um tópico de prioridade do nosso plano de ensino. Assim, para facilitar a visualização e entendimento foram colocadas as barras que indicam a alteração das variáveis de estado. Além disso, a animação não expõe as unidades de medida das grandezas, em especial do volume, algo que normalmente cobramos de nossos alunos, o que foi feito propositadamente, pois os motores podem ter tamanhos diferentes, o que determina não ter sentido explicitar um único volume. O volume máximo de ar e combustível aspirado pelo cilindro é denominado “cilindrada”; este

volume é uma característica tão importante dos motores que os fabricantes dos automóveis normalmente o explicitam de maneira bem visível, por exemplo, 1.8, isto é, 1,8 litros.

O estudo das máquinas térmicas permite a compreensão da conservação e degradação da energia e de suas fontes ou produção, além de ser uma aplicação sobre leis da termodinâmica, bem como dos processos irreversíveis. Os conceitos de agitação térmica, compressão, expansão e transformações gasosas também são explorados.

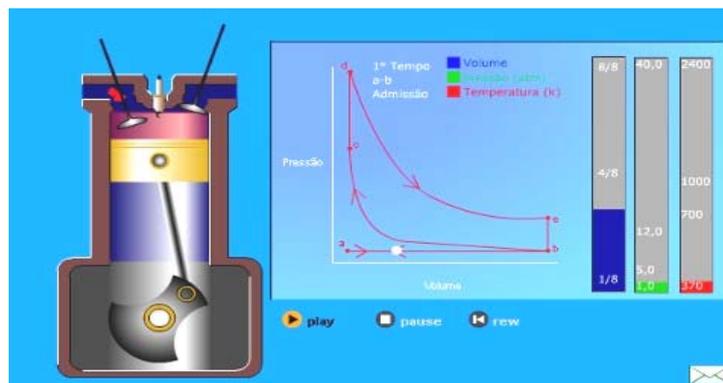


Figura 21 – Animação: Motor de Combustão Interna

### 19. Compressor de um Refrigerador

Com esta animação temos a intenção de mostrar o funcionamento de um compressor, o que só é citado, normalmente, nos livros de Física para o Ensino Médio. O modelo elaborado é semelhante a um motor de combustão no sentido que funciona em ciclos e apresenta as válvulas de admissão e de escape. Para melhor compreensão é necessário que o usuário conheça as partes componentes de um compressor e as mudanças de estados.



Figura 22 – Animação: Compressor de um Refrigerador

### 4.2.3 Animações Disponibilizadas

Também utilizamos animações em *Flash* disponíveis na rede para fins educacionais, para as quais obtivemos autorização de uso. Seus títulos são:

1. Dilatação Superficial
2. Dilatação e Velocidade dos Átomos e/ou Moléculas
3. Convecção dos Fluidos
4. Difusão de um Gás.

A seguir, justificamos a escolha de cada uma dessas animações.

1. Dilatação Superficial

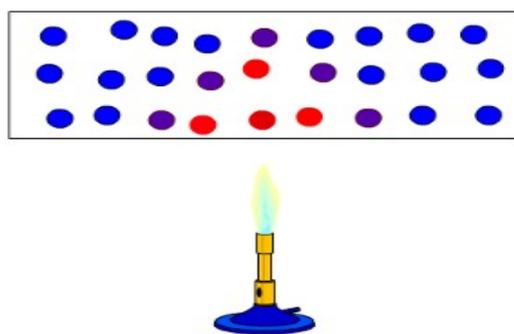


Figura 23 – Animação: Dilatação Superficial

Escolhemos esta animação porque podemos abordar o que acarreta o aumento de temperatura de um corpo (aumento da energia cinética média das moléculas que o constituem) e como se propaga o calor (tendo como consequência imediata a dilatação do corpo). O título original é *Heating a non-metal* e está disponível em <http://www.educationusingpowerpoint.org.uk/>. Aqui optamos por denominá-la de dilatação superficial, pois é como ilustração deste fenômeno que a inserimos no hipertexto.

## 2. Dilatação e Velocidade dos Átomos e/ou Moléculas

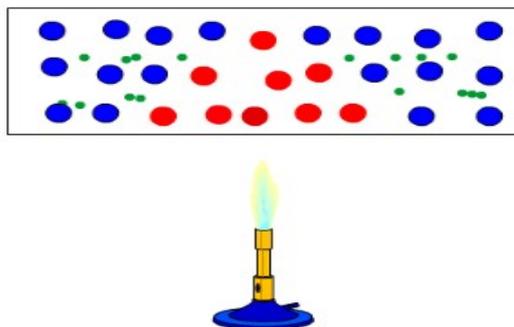


Figura 24 – Animação: Dilatação e Velocidade dos Átomos e/ou Moléculas

Esta foi escolhida porque gostaríamos de ressaltar uma das causas da dilatação dos corpos e porque a utilizamos no mesmo hipertexto que a animação “dilatação superficial”. Do mesmo autor que a animação anterior, porém com um pouco mais de agitação no modelo de partículas que apresenta também os elétrons livres, por isso a denominamos Dilatação e Velocidade dos Átomos e/ou Moléculas. O título original é *Heating a metal*. Durante o tópico de dilatação não foram abordados os conceitos de bons e maus condutores de calor, que aparecem no estudo da propagação do calor.

## 3. Convecção dos Fluidos

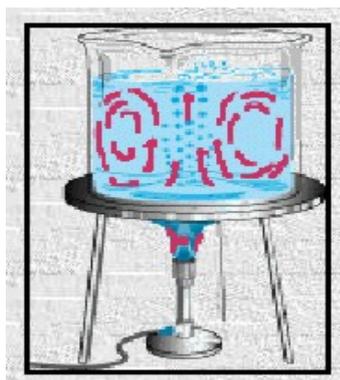


Figura 25 – Animação: Convecção dos Fluidos

Esta animação foi útil na medida em que representa um modelo virtual da experiência realizada em aula e sugerida aos alunos: Convecção II. Nela podemos visualizar o movimento das correntes de convecção e explicar o processo de deslocamento de camadas de fluido e a relação entre a densidade das substâncias e temperatura. Podemos também relacionar com o fenômeno das frentes quentes e frias comumente citados nas previsões do tempo, assim como

sua funcionalidade em aparelhos domésticos, tais como refrigerador e ar-condicionado, ou ainda, lareiras. Esta figura tipo *gif* é de autoria de Luís Domingos, disponível no seu sítio "Terra Planeta Vivo" (<http://domingos.home.sapo.pt/>).

#### 4. Difusão de um Gás

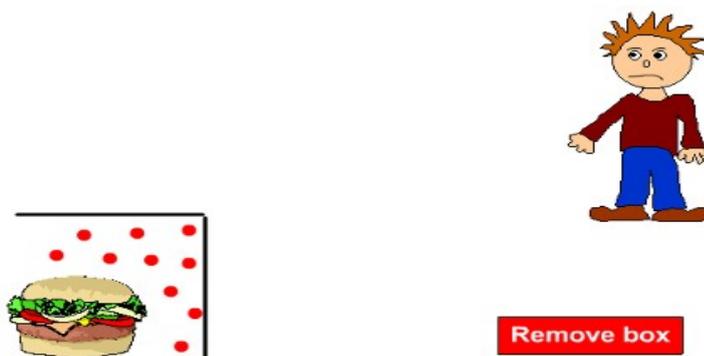


Figura 26 – Animação: Difusão de um Gás

Com esta animação pode-se verificar que um gás não possui forma própria e ocupa todo o volume que lhe for disponível. Podemos, ainda, ressaltar o estudo sobre a interação entre as moléculas nos três estados da matéria e a importância de se adicionar odores a certos gases com a intenção de prevenir intoxicações.

#### 4.2.4 Experimentos e Vídeos

Como organizadores prévios ou pseudo-organizadores utilizamos 12 (doze) experimentos que foram demonstrados aos alunos no início do trimestre. Como a escola não dispõe de qualquer recurso experimental, construímos os equipamentos com materiais simples, de fácil obtenção e baixo custo. Alguns foram construídos na oficina de Ensino do Instituto de Física da UFRGS e serão doados à escola. Os experimentos demonstrados são os seguintes:

1. Dilatação dos Sólidos I: esfera metálica
2. Dilatação dos Sólidos II: lâmina bimetálica
3. Dilatação dos Líquidos: termômetro de água
4. Condução nos Sólidos I: barra metálica
5. Condução nos sólidos II: materiais diferentes

6. Convecção dos Fluidos II: trajetória de “partículas de chá”
7. Convecção dos Fluidos III: chama de uma vela
8. Máquina de Heron
9. Turbina a Vapor
10. Motor de Combustão Interna
11. Radiação do Calor I: absorção
12. Princípio de Funcionamento das Máquinas Térmicas.

Experimentos demonstrativos foram realizados com os equipamentos construídos e, com o auxílio do professor Fernando Lang da Silveira, 7 (sete) pequenos vídeos digitais foram gravados, sobre os tópicos de dilatação, propagação do calor e máquinas térmicas. Em alguns casos, em função do tempo de filmagem, foram feitos clipes, com a utilização do programa *Vídeo Wave III*. Esses vídeos também foram utilizados como pseudo-organizadores prévios, ou seja, com o objetivo de facilitar a aprendizagem de vários tópicos propiciando uma visão geral, em nível de abstração mais alto, do conteúdo que posteriormente foi detalhado.

O usuário encontra os vídeos no endereço <http://cref.if.ufrgs.br/~leila/> (Gonçalves, 2004) no menu simulações e entra em vídeos e a partir daí seleciona o vídeo de interesse. Porém em nossas aulas, os alunos foram dirigidos de modo que pudessem acompanhar também a explanação do professor. Aparece ao usuário a figura representativa do vídeo, e ao clicar sobre ela, o filme se torna disponível.

Ao término do vídeo, o aluno se depara com um conjunto de questões relativas ao fenômeno observado. (Praticamente são as mesmas questões levantadas durante a demonstração dos experimentos.) Algumas dessas questões sugerem que o aluno pense sobre a resposta e outras são *links* que levam à solução da questão e o encaminha à visualização de uma animação correspondente ou similar ao fenômeno, quando for o caso.

A seguir, relacionamos os experimentos que foram filmados com alguns tópicos que podem ser abordados durante a apresentação das demonstrações e juntamente com os vídeos.

#### 1. Dilatação dos Sólidos

- a influência da temperatura nos sistemas e o que geralmente ocorre com os corpos sólidos quando aquecidos;
- influência do material que constitui os corpos;

- situações do cotidiano onde a dilatação é observada;
- porque os corpos se dilatam retomando a relação entre temperatura e energia cinética média das moléculas.



Figura 27 – Experimento: Esfera Metálica

## 2. Dilatação dos Líquidos

- o que é um termômetro;
- histórico dos primeiros dispositivos utilizados para medir temperatura;
- tipos de termômetros;
- necessidade de segurar a garrafa, que pode ser de plástico ou vidro, e vedar bem a conexão do canudinho com a tampa;
- líquidos diferentes sofrem diferentes dilatações;
- diferença entre a dilatação dos líquidos, dos sólidos e dos gases.



Figura 28 – Experimento: Termômetro de Água

### 3. Condução de Calor nos Sólidos

- conceito de calor;
- como ocorre o processo de propagação do calor;
- situações do cotidiano onde a propagação do calor por condução é observada;
- influência dos materiais na propagação do calor;
- diferença entre os materiais bons condutores e isolantes e exemplos;

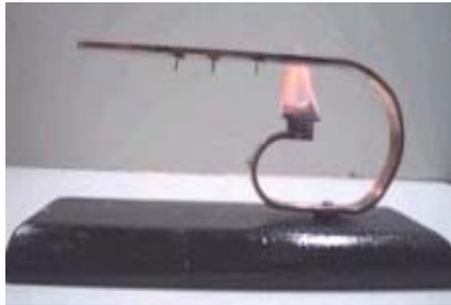


Figura 29 – Experimento: Barra Metálica

### 4. Convecção dos Fluidos

- motivo da chama se manter para cima mesmo quando se modifica a direção da vela;
- como ocorre o processo de convecção do calor;
- as aplicações desse fenômeno no cotidiano;
- exemplos da propagação do calor por convecção em eletrodomésticos.



Figura 30 – Experimento: Chama de uma Vela





Figura 32 – Experimento: Turbina a Vapor

## 7. Motor de Combustão Interna

- significado de máquina térmica de combustão interna;
- constituição dos motores de combustão interna;
- ciclo de funcionamento dos motores de dois e quatro tempos;
- diferença entre os motores Otto e Diesel;
- realização de trabalho mecânico;
- leis da termodinâmica;



Figura 33 – Experimento: Motor de Combustão Interna

Todos esses experimentos, com exceção do motor de combustão interna, estão detalhados na página *Html* no menu simulações em experimentos (<http://cref.if.ufrgs.br/~leila/demo>) (Gonçalves, 2004) e podem ser construídos por professores e alunos.

Praticamente em todos os materiais utilizados como introdução ao assunto de Física Térmica os alunos foram questionados sobre quais eram as grandezas físicas e os conceitos associados aos fenômenos discutidos.

#### 4.2.5 Simulações

As simulações *Applets* requerem que o aluno forneça ou altere as características físicas do fenômeno a ser estudado, tais como: massa, temperatura, volume, entre outras. Desta forma, permite a interatividade, sendo o usuário o manipulador que testa sua expectativa e desenvolve o senso crítico, na medida que obtém de imediato a resposta a suas escolhas. E, ao se confrontar com erro, pode buscar novas alternativas, consultando o texto ou organizando os dados relevantes ou buscando em sua estrutura cognitiva o subsunçor que considera apropriado. E assim, verifica o conhecimento adquirido na matéria estudada, o que dificilmente aconteceria se a aula fosse do modo tradicional.

Utilizamos três *Java Applets*, com as devidas autorizações, cujos títulos são:

1. Experiência de Joule (Garcia, 2004)
2. Radiação (Physlet, 2004)
3. Teoria Cinética dos Gases (Falstad, 2001).

A seguir, uma justificativa para o uso das simulações interativas escolhidas.

1. Experiência de Joule

Essa é uma simulação que reproduz de modo dinâmico o que é descrito nos livros didáticos sobre o experimento realizado por Joule para verificar a relação entre o calor e o trabalho mecânico. A simulação permite, então, verificar a quantidade de energia que é necessária transformar em calor para elevar a temperatura de uma certa quantidade de água e, utilizando o cálculo de Joule, pode-se chegar à relação entre a caloria e o joule. Para tanto, o aluno dispõe de um roteiro que visa facilitar a dinâmica da aula.

Nosso roteiro é muito similar ao do autor Angel Franco Garcia, todavia como o idioma da simulação é outro, fomos mais minuciosos na sua elaboração.

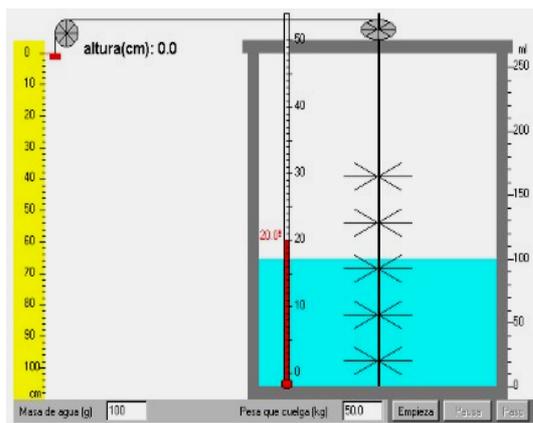


Figura 34 – Simulação: Experiência de Joule

## 2. Radiação

Essa simulação utilizada no estudo do processo de radiação do calor e emissão de corpo negro, permite visualizar a cor da radiação emitida conforme a temperatura, bem como o gráfico da densidade de intensidade da radiação versus o comprimento de onda correspondente, permitindo uma análise do espectro da radiação emitida. Portanto, pode-se fazer um estudo da relação entre cor e temperatura e rever o tópico de termômetros de radiação e a técnica de termografia.

Também foi fornecido um roteiro que requer que o aluno modifique os dados e identifique quais as diferenças no espectro e na cor para temperatura diferentes.

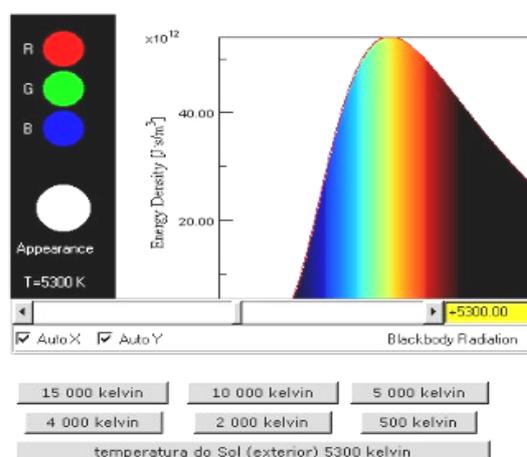


Figura 35 – Simulação: Radiação

### 3. Teoria Cinética dos Gases

A simulação sobre teoria cinética dos gases é um complemento útil ao estudo de temperatura e sua relação com a energia cinética média das moléculas e das transformações de estado. Também se pode aproveitá-la no estudo das leis da termodinâmica e sua aplicação no motor de combustão interna.

O aluno pode alterar a velocidade das moléculas, o volume do recipiente e, portanto, o volume ocupado pelo gás, a temperatura da base e das paredes do recipiente e o efeito do campo gravitacional sobre o gás. Pode ainda analisar a velocidade ou a energia cinética das moléculas através da cor e, conseqüentemente, relacionar cor e temperatura e retomar o tópico de termografia.

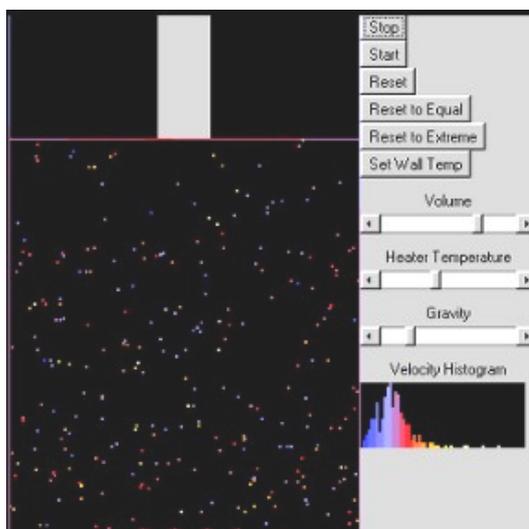


Figura 36 – Simulação: Teoria Cinética dos Gases

No próximo capítulo exporemos a metodologia desenvolvida durante a aplicação do produto educacional, as recomendações para sua aplicabilidade e resultados encontrados.

## 5 METODOLOGIA E RESULTADOS

Neste capítulo nos dedicamos à metodologia empregada e apresentamos uma análise dos resultados. Posteriormente apresentamos recomendações pertinentes para a aplicabilidade desse trabalho.

### 5.1 METODOLOGIA

Nosso trabalho foi desenvolvido na Escola Estadual de Ensino Médio André Leão Puente, em Canoas<sup>3</sup>.

Convém registrar que a Escola:

- faz parte da rede pública estadual de ensino, está localizada na região da grande Porto Alegre e contempla o ensino médio e ensino fundamental;
- possui um laboratório de ciências para a realização de experimentos, porém com muito pouco material disponível para a disciplina de Física;
- na biblioteca há três microcomputadores disponíveis aos alunos.

Em nosso trabalho utilizamos as novas tecnologias para atividades complementares, visando à aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio, envolvendo a visualização de vídeos e animações e exploração de simulações baseadas num modelo da realidade física, disponíveis na *Internet*, com aulas na sala com computadores, permitindo a interação entre o aluno e a simulação, e em sala convencional.

---

<sup>3</sup> O projeto original previa a aplicação do material produzido no Colégio Estadual Protásio Alves no segundo semestre de 2003, que apresenta as condições mínimas para a aplicabilidade do produto educacional, visto que o laboratório de informática possui 15 (quinze) computadores, além de 10 (dez) microcomputadores em uma sala anexa à biblioteca, disponível aos alunos do ensino médio. Efetivamente isto ocorreu com a parte do material já desenvolvida até então, tendo servido para se constatar a necessidade de sua reestruturação. Isto feito, e tendo-se concluído todo o material em fevereiro de 2004, decidiu-se aplicá-lo no segundo semestre de 2004. Como esta escola não permitisse abordar Física Térmica no segundo semestre, optou-se por aplicar em outra escola, cientes de que isto prejudicaria a avaliação do material multimídia pelo pouco número de horas de interação dos alunos com o material.

As turmas expostas às atividades complementares (num total de 58 alunos) denominamos de grupo experimental e as turmas submetidas somente ao modo tradicional de ensino, com quadro-negro e giz, de grupo de controle (num total de 53 alunos). Os grupos são formados por duas turmas cada e ambos tiveram as aulas ministradas pela mesma professora (a autora desta dissertação).

Durante a aplicação do material educacional, aulas expositivas foram entremeadas por aulas no computador, em que o material multimídia foi utilizado. Aí os alunos trabalharam em trios, não somente porque esta seria a única possibilidade para que os alunos da turma atuassem, mas também pelo fato de que deste modo há a possibilidade de troca e discussões de significados entre os alunos.

Foi aplicado um teste com o intuito de identificar o conhecimento prévio dos alunos com respeito aos conceitos de temperatura, energia interna e calor, antes de iniciar o estudo de Física Térmica - pré-teste. O mesmo teste foi reaplicado a fim de se ter uma avaliação<sup>4</sup> preliminar da eficácia do material desenvolvido, após a utilização do material educacional - pós-teste - e integra o Apêndice A deste trabalho.

O pré-teste foi aplicado nos dois grupos em apenas um período de aula e a grande maioria dos alunos o entregou antes do término do tempo. Quando todos terminaram, foi lhes dito que o conteúdo do teste seria o conteúdo a ser trabalhado durante o trimestre. Para o grupo experimental, foi ainda citado que utilizariam o computador na expectativa de que as animações e vídeos, disponíveis no hipertexto a ser trabalhado, facilitassem a aprendizagem dos conteúdos. Neste momento fizemos um levantamento informal de quantos alunos possuíam computador em casa (aproximadamente 50% dos alunos) e quantos tinham acesso a *Internet* (menos de 50% alunos).

A metodologia descrita a seguir foi aplicada no grupo experimental.

Experiências demonstrativas com os equipamentos que havíamos construído foram realizadas no laboratório de ciências, na primeira aula (2 períodos) após a aplicação do pré-

---

<sup>4</sup> Em decorrência do escasso número de computadores nesta escola, os alunos só tiveram contato com o material multimídia durante 6 horas-aula, além de uma aula demonstrativa. Uma avaliação deste material precisaria ser refeita nas condições para as quais ele foi projetado.

teste. No início da aula os alunos foram avisados que eles próprios deveriam procurar chegar a conclusões e que deveriam anotar suas dúvidas, pois nas próximas aulas teriam oportunidade de encontrar algumas respostas para suas dúvidas. Como no laboratório eles ficaram dispostos conforme suas próprias escolhas e com maior liberdade do que na aula tradicional, houve discussões em grande grupo na procura de explicações que eles acreditavam serem corretas para o princípio de funcionamento dos experimentos e para as questões que alguns lembraram do teste. Conforme as suas teorias estancavam ou havia desvio do assunto, partíamos para a próxima demonstração.

Nas aulas seguintes, onde o computador foi utilizado, devido à escassez de microcomputadores, a turma experimental era dividida em três grupos, da ordem de 10 (dez) alunos por grupo. Enquanto um terço dos alunos trabalhava nos computadores, dois terços ficavam na sala de aula tradicional trabalhando em parte do texto do material produzido (na primeira aula) e nas listas de exercícios (nas aulas posteriores).

Optamos por tal procedimento, mesmo que não ideal, uma vez que os alunos que ficavam na sala de aula não ficavam totalmente sós, pois eram atendidos por uma auxiliar de disciplina. E o regimento prevê uma avaliação qualitativa, a critério de cada professor, que é disputada por muitos alunos e necessária para tantos outros, pois pode elevar a nota final. Em nosso caso, avaliamos a responsabilidade do aluno no cumprimento de suas tarefas e sua efetiva participação durante as aulas. Assim, as atividades que deveriam ser realizadas em sala de aula convencional, com a supervisão do professor menos efetiva do que o habitual, foram avaliadas qualitativamente pela auxiliar de disciplina, de modo que não houvesse desmotivação pela ausência do professor (o que é difícil) ou se sentissem desprivilegiados (no momento) por não contarem com sua presença.

Ao utilizarem os computadores, solicitamos aos alunos que abrissem o menu “simulações” e entrassem em vídeos e a partir daí em cada vídeo (Gonçalves, 2004). Visto o vídeo, então poderiam explorar as questões referentes ao fenômeno, muitas das quais já haviam sido discutidas durante a apresentação das demonstrações. Também poderiam fazer perguntas e comentários.

Esse processo ocorreu durante três aulas, de dois períodos cada, a fim de que todos os grupos tivessem a oportunidade de utilizar os recursos disponíveis no computador, analisar os vídeos e encontrar algumas questões relacionadas às demonstrações.

Na segunda semana de aula do trimestre, durante a abordagem do conceito de temperatura, seus instrumentos de medida e seu controle, alguns alunos sugeriram a exibição do filme “Um dia depois de amanhã”. Como as turmas de controle aprovaram a idéia, o filme foi assistido.

Depois que todos os alunos tiveram o contato com o material disponibilizado em relação aos vídeos, o conteúdo que haviam copiado na sala de aula foi revisado e explicado, lembrando o que havia sido estudado no texto *Html*. Os tópicos: controle de temperatura, termômetros e seus tipos, assim como termoscópio e a técnica de termografia, foram apenas comentados em sala de aula, porém foram mais explorados durante o uso da página *Html*.

Dadas as explicações e exemplos necessários, os alunos receberam uma lista de exercícios. Enquanto alguns alunos (2 grupos) ficavam em aula resolvendo os problemas, o outro grupo “navegava” com certa liberdade pelos tópicos apresentados nas janelas temperatura e dilatação. Desta vez com ênfase nas animações, em termômetros e no item escalas termométricas. Tópico este já estudado na disciplina de Química, com cálculo algébrico para a transformação de uma escala termométrica em outra. Neste momento alguns alunos aproveitavam para responder questões da lista.

A seguir, o conceito de calor foi trabalhado, bem como capacidade térmica, calor específico e formas de propagação do calor, o que inclui radiação de corpo negro. Ao final das explicações, os alunos receberam outra lista de problemas e foi realizado o mesmo procedimento citado acima, com relação a esses tópicos.

O estudo dos estados da matéria, mudanças de fase e gases e suas transformações de estado, de um modo geral, não foi novidade para os alunos, pois já haviam estudado o conteúdo na disciplina de Química. De novo foi o emprego da animação da estrutura da matéria e o uso da simulação sobre Teoria Cinética dos Gases.

Finalmente estudamos a Termodinâmica explicitando o princípio de conservação de energia e entropia no estudo das leis e aplicações destas com o estudo das máquinas térmicas: máquina a vapor, motor de combustão interna, refrigerador e ar-condicionado.

Ao final do trimestre optamos por realizar duas provas (prova tradicional e pós-teste). Nesta a escola há uma Feira de Ciências e foi pedido também um experimento sobre algum

tópico de Física estudado durante o ano letivo que deveria ser realizado em grupo. Nas avaliações pretendeu-se enfatizar os aspectos conceituais.

A aula de revisão antes das provas foi feita apenas com o uso do computador utilizando somente as animações. Os alunos as observavam e interagiam quando era o caso e eram questionados sobre os fenômenos observados.

No encerramento do trimestre, nas turmas nas quais os recursos multimídias foram utilizados, foi distribuído o questionário com treze questões de escolha múltipla e uma questão na qual os alunos poderiam colocar suas sugestões e observações, se desejassem. Os resultados são analisados na seção 5.2.1. Os objetivos de tal questionário são os de fazer um levantamento sobre a utilização de novas tecnologias e sua aplicabilidade no ensino, bem como saber como foi recebido, pelos alunos, o material elaborado e o grau de contribuição desse material para a aprendizagem significativa. (vide Apêndice C).

Antes do preenchimento do questionário, foi demonstrada a necessidade de respostas francas com o intuito de se poder fazer uma avaliação, com fidelidade, do aproveitamento dos recursos e sua adequação e, portanto, não era necessário que se identificassem. Apesar disso, muitos alunos se identificaram.

Observamos ainda que o grupo de controle também teve acesso a algumas demonstrações que foram utilizadas durante a aula e sofreram o mesmo tipo de avaliação, inclusive resolvendo a mesma lista de exercícios; porém, percebemos que tiveram um grau de dificuldade maior para a responderem.

## 5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados foi baseada no pré e pós-teste (seção 5.2.2) e em nossas observações durante a aplicação da proposta de trabalho, bem como nas respostas do questionário aplicado ao final do curso (seção 5.2.1).

### 5.2.1 Avaliação do questionário e observações

A observação de experimentos, mesmo que simples, foi atrativa para a maior parte dos alunos, e propiciou a formação de hipóteses explicativas e de previsões sobre os fenômenos em andamento e de outros experimentos não demonstrados, mas que fazem parte do mundo real. Na Tabela 1, relativa às respostas dos alunos ao questionário, vê-se que 98% dos alunos assinalaram, em resposta à Questão 13, que gostaram dos experimentos realizados nas aulas de Física Térmica e 61% responderam na Questão 8, que entre os tópicos do sítio de Física Térmica, o relativo aos experimentos foi um dos que mais apreciaram. Além disso, alguns grupos escolheram fazer experimentos semelhantes aos demonstrados, para apresentação na Feira de Ciências que a escola organiza.

Tabela 1 – Respostas dos alunos ao questionário com finalidade de identificar o grau de contribuição dos recursos multimídia e saber como foi recebido, pelos alunos, o material elaborado.

Questões	Respostas	Porcentagem
	(N°)	(%)
<b>1. Você sabe utilizar o computador para:</b>		
navegar na <i>Internet</i>	47	<b>87</b>
fazer pesquisa pela <i>Internet</i>	44	<b>81</b>
editar um texto	44	<b>81</b>
usar uma planilha eletrônica	25	<b>46</b>
enviar e receber e-mail	39	<b>72</b>
fazer um <i>site</i>	7	<b>13</b>
jogar virtualmente	30	<b>56</b>
<b>2. Você tem acesso ao computador em sua residência?</b>		
sim	32	<b>59</b>
não	22	<b>41</b>
<b>3. Se você tem acesso ao computador em sua residência, você usa o computador comumente para navegar na <i>Internet</i>?</b>		
sim	24	<b>44</b>
não	19	<b>35</b>
<b>4. Você costuma navegar na <i>Internet</i> em outro lugar?</b>		
colégio	3	<b>6</b>
residência de parentes ou amigos	30	<b>56</b>
outros	25	<b>46</b>
<b>5. Você costuma navegar na <i>Internet</i> com que frequência?</b>		
diariamente	9	<b>17</b>
nos finais de semana	21	<b>39</b>
eventualmente	23	<b>43</b>

<b>6. Você gostou de ter usado o computador para aprender Física Térmica?</b>		
sim	49	<b>91</b>
não	0	<b>0</b>
mais ou menos	4	<b>7</b>
<b>7. Durante nosso curso de Física Térmica, você teve problemas no funcionamento das simulações e animações?</b>		
sim	1	<b>2</b>
não	29	<b>54</b>
às vezes	22	<b>41</b>
<b>8. Dos tópicos do sítio sobre Física Térmica, quais foram os de sua preferência?</b>		
temperatura	15	<b>28</b>
calor e propagação do calor	13	<b>25</b>
termodinâmica	7	<b>13</b>
máquinas térmicas	12	<b>22</b>
experimentos	33	<b>61</b>
simulações	28	<b>52</b>
vídeos	18	<b>33</b>
outro	2	<b>4</b>
<b>9. Você faria um curso virtual sobre algum tópico de Física?</b>		
sim	17	<b>31</b>
não	4	<b>7</b>
talvez	33	<b>61</b>
<b>10. O uso da informática no aprendizado de Física é estimulante?</b>		
sim	47	<b>87</b>
não	0	<b>0</b>
às vezes	7	<b>13</b>
<b>11. Você acredita que o uso das simulações facilitou o seu entendimento dos fenômenos?</b>		
sim	51	<b>94</b>
não	0	<b>0</b>
talvez	3	<b>6</b>
<b>12. Você gostaria que outras disciplinas usassem o computador?</b>		
sim	51	<b>94</b>
não	0	<b>0</b>
talvez	3	<b>6</b>
<b>13. Você gostou das demonstrações feitas nas aulas de Física Térmica?</b>		
sim	53	<b>98</b>
não	0	<b>0</b>
talvez	0	<b>0</b>
<b>14. Observações e Sugestões:</b>		

Durante as demonstrações e posteriormente aos vídeos, foi constatado que muitos alunos creditavam erradamente ao calor muitos dos fenômenos. Por exemplo, em relação à questão de complementação de lacuna: “Um corpo mais quente do que outro igual a ele em

tamanho, material e massa, se deve ao fato do corpo mais quente possuir mais \_\_\_\_\_ do que o corpo mais frio”. A resposta no primeiro momento foi calor, e para alguns, temperatura. Depois, durante a aula de revisão de conteúdos, a resposta energia interna foi majoritária, o que nos leva a crer que houve uma aprendizagem significativa do conceito de calor e de energia interna.

O filme “Um dia depois de amanhã” sugerido pelos alunos, também se constituiu em um organizador prévio, visto que alguns alunos relacionaram os fenômenos físicos discutidos durante o trimestre com o que viram no filme. Por exemplo, os gráficos mostrados no filme e as explicações para o deslocamento do ar, foram salientados por eles, relacionando os temas termografia e convecção do calor, assuntos discutidos em aula. Acreditamos que tal sugestão deve-se ao interesse demonstrado pelos alunos em relação ao tópico de estudo e por sentirem-se incentivados com uma aula mais dinâmica, fora dos padrões utilizados durante os dois primeiros trimestres, ou seja, aula apenas em sala convencional.

Foi observado que os alunos que tiveram aula utilizando os recursos computacionais apresentaram menor dificuldade na interpretação das questões das listas de exercícios. Acreditamos que isso se deve a dois motivos:

- lembrança visual do problema analisado no hipertexto através das figuras, animações e/ou vídeos;
- aula diversificada, diferente da aula tradicional, onde nem sempre o professor cita exemplos como os dispostos no hipertexto, por falta de tempo, ou de memória, ou ainda pelo fato de que necessite chamar mais a atenção do aluno, que neste caso se dispersa facilmente com os colegas.

Estes motivos reforçam a idéia de que o conhecimento é mais facilmente aprendido quando há interação e envolvimento do aprendiz com o objeto de estudo, como é o caso da multimídia. O uso desses recursos sem dúvida propiciou que a quantidade de informação armazenada e transmitida fosse significativamente maior do que nas aulas convencionais. Conseguimos estudar uma maior quantidade de conteúdos e aprofundar mais alguns tópicos nas turmas onde utilizamos a multimídia, pois houve maior participação dos alunos, fazendo questionamentos relacionados ao que leram ou viram no hipertexto.

Obtivemos maior índice de presença nas turmas onde o projeto foi aplicado, em virtude de ocuparem a sala de informática diferentemente das demais turmas. Além disso, houve um significativo aumento de interesse e atenção por parte dos alunos, pois os recursos computacionais apelam para o sentido da visão e as simulações requerem concentração dos alunos. Esse talvez seja um dos resultados mais positivos.

Diversos alunos questionados sobre como imaginavam os fenômenos apresentados, disseram que tinham dificuldades em imaginá-los, mas que as animações e/ou simulações facilitaram a compreensão dos mesmos. Deste modo, os estudantes concordaram que as animações auxiliam na aprendizagem e entendimento dos modelos e dos fenômenos físicos estudados. Por exemplo, 94% dos alunos acreditou que o uso das simulações facilitou o entendimento dos fenômenos, conforme respostas a Questão 11. Além disto, 52% dos alunos responderam a Questão 8 que preferiram entre outros, o tópico simulações da página *Html* (vide Tabela 1).

Portanto, mantemos nossa idéia inicial de que as animações fazem com que o aluno possa visualizar os processos físicos, muitos dos quais são de escala microscópica, e podem auxiliar na formação de raciocínio e na capacidade de abstração. Entretanto, no uso das simulações verificamos que nem todos compreendiam os resultados de suas ações, visto que a exploração das simulações requer a interatividade com base no conhecimento preexistente, que nem sempre foi construído da forma aceita pela comunidade científica.

Percebemos através da observação e conversas com os alunos, que as animações e simulações virtuais são mais bem compreendidas quando inseridas em um ambiente virtual de apoio para que a interação dos alunos com esse ambiente seja mais efetiva. Também observamos que muitos alunos preferiam responder às questões das listas de exercícios utilizando o material disponível no computador. Por exemplo, para responder questões sobre a dilatação de diferentes materiais, alguns alunos consultavam a tabela constante no texto *Html* e muitos respondiam de forma qualitativa, citando a relevância do coeficiente de dilatação do material. Estas observações vieram a reforçar nossas expectativas positivas em relação ao material desenvolvido.

Observamos que a grande maioria dos alunos não teve dificuldades com os recursos de informática. Por exemplo, mesmo antes de ser dada orientação de acesso aos tópicos, a maioria dos alunos já estava “navegando”. Mesmo sendo alunos de uma escola pública, estes

possuíam acesso a computadores fora da escola. Há ainda aqueles alunos que se mostram resistentes ao uso da informática, cabendo também ao professor motivá-los na busca do conhecimento necessário, para que possam enfrentar os desafios do ensino e de um futuro mercado profissional. É preciso que o professor e o aluno compreendam que o conhecimento adquirido, aliado ao uso com sabedoria das novas tecnologias, proporcionará a ambos atuação com igualdade de oportunidades na sociedade, visto que hoje em dia, o conhecimento e operação de um microcomputador é uma condição básica para um emprego, em qualquer área.

### **5.2.2 Análise do pré e pós-teste**

Nesta seção apresentamos um estudo que teve por objetivo avaliar se os recursos multimídia que utilizamos, e na forma que o fizemos, contribuíram para uma aprendizagem significativa.

Para tanto, utilizamos os dois conjuntos de alunos, ou seja, o grupo experimental e o grupo de controle, num total de 111 alunos.

A medida que foi utilizada para comparar os dois grupos foi o escore total em um teste de escolha múltipla sobre os conteúdos abrangidos nas aulas. Os dois grupos responderam ao teste antes (aqui denominado de pré-teste) e depois (pós-teste) do ensino. Assim sendo, utilizamos como delineamento para esta pesquisa o “delineamento com grupo de controle não-equivalente e pré e pós-teste” (Campbell e Stanley, 1979, p. 82).

### **Análise de consistência interna do teste de avaliação da aprendizagem**

O teste de avaliação da aprendizagem foi constituído por 25 questões de escolha múltipla, sendo que algumas destas questões foram baseadas em Silveira e Moreira (1996) e as demais especialmente formuladas para este estudo pela autora da dissertação e revisadas pelos seus orientadores. O teste pode ser encontrado no Apêndice A.

Utilizamos as respostas dos 111 alunos dos dois grupos no pré-teste e no pós-teste para realizar uma “análise de consistência interna” (Silveira, 1993). A análise foi efetivada com o pacote estatístico “SPSS – Versão 10.01.”<sup>5</sup>

O escore total para as 25 questões apresentou um coeficiente de fidedignidade (coeficiente alfa de Cronbach) igual 0,48. Passamos, a seguir, a eliminar questões com o objetivo de incrementar o coeficiente de fidedignidade. O máximo coeficiente de fidedignidade alcançado foi 0,58 e ocorreu após a eliminação das questões 3, 7, 8, 11, 12, 21, 23. Portanto, ficamos com um total de 18 questões e desta forma o escore total para um aluno situa-se dentro do intervalo fechado zero a dezoito acertos.

### Comparação entre o grupo experimental e o grupo de controle

A comparação entre os dois grupos foi realizada através de uma “análise da variância e covariância” – ANOVA/ANCOVA – (Finn, 1997). Mais uma vez foi utilizado o pacote estatístico “SPSS – Versão 10.01”.

A ANOVA/ANCOVA permite comparar os escores no pós-teste removendo todas as diferenças intersujeitos no pré-teste. Ou seja, este procedimento compara as médias dos dois grupos no pós-teste (médias ajustadas) retirando através de uma regressão linear as diferenças entre os indivíduos no pré-teste.

Apresentamos na Tabela 2 os resultados no pré e no pós-teste nos dois grupos.

Tabela 2 – Resultados nos grupos de controle e experimental para o escore total no pré e no pós-teste.

GRUPO		Pré-teste	Pós-teste
Controle (N =53)	Média	6,81	9,55
	Desvio padrão	2,39	2,61
Experimental (N = 58)	Média	6,86	10,55
	Desvio padrão	2,15	2,33
Coeficiente de correlação entre pré e pós-teste		0,40 (ns < 0,05)	
Declividade da reta de regressão do pós-teste contra o pré-teste		0,46 (ns <0,05)	
ns – nível de significância estatística			

<sup>5</sup> A análise foi realizada pelo Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira, co-orientador deste trabalho e que possui conhecimento em tratamento estatístico, bem como o programa utilizado.

A Tabela 3 apresenta as médias ajustadas no pós-teste para os dois grupos e o teste de significância estatística (teste t) para a diferença entre as médias.

Tabela 3 – Comparação entre os dois grupos em média através da ANOVA-ANCOVA.

GRUPO	Média ajustada no pós-teste	Teste t para a diferença entre as médias ajustadas
Controle (N =53)	9,56	t = 2,28 (ns <0,05)
Experimental (N = 58)	10,54	

ns – nível de significância estatística

A Figura 37 representa através de barras de erro a diferença entre as médias ajustadas no pós-teste para os dois grupos. Cada barra se estende por um desvio-padrão da média em torno de cada uma das médias.

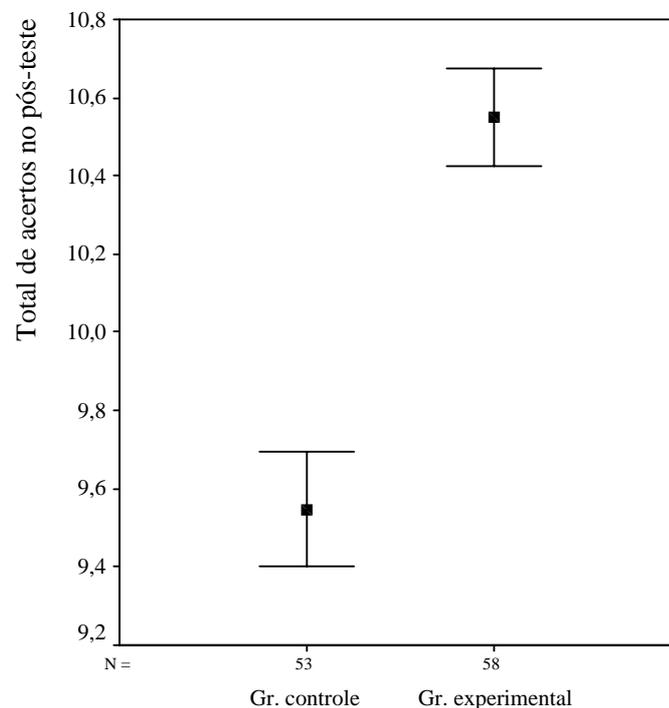


Figura 37 – Gráfico de barra de erro para as médias ajustadas no pós-teste para o grupo experimental e para o grupo de controle.

O gráfico permite, por intuição visual, concluir que a diferença entre os dois grupos no pós-teste não ocorreu por acaso. Esta conclusão é perfeitamente coerente com o teste de significância estatística (teste t) para a diferença entre as médias ajustadas da Tabela 3. Assim, apesar da diferença entre as duas médias ser de apenas um acerto no pós-teste, esta diferença pode ser atribuída ao uso dos recursos de multimídia no grupo experimental.

A diferença de somente uma questão na média, entre o grupo experimental e de controle, seria desalentadora, não fosse o fato de que a interação dos estudantes com o material multimídia relativo a toda a Física Térmica trabalhada no ensino médio restringiu-se a 6 horas-aula de interação ativa dos alunos com o material. A eficácia de um material deste porte só poderá ser avaliada em uma nova aplicação em que os alunos tenham acesso ao material multimídia durante todo o período dedicado à Física Térmica, cerca de 16 horas-aula em 18 semanas.

### 5.3 RECOMENDAÇÕES

Para a aplicação do projeto, basicamente, é necessário:

- professor capacitado para utilizar os recursos de informática disponíveis, com conhecimento básico em navegação via *Web* e conhecimento prévio do conteúdo disponibilizado para o ensino de Física;
- infra-estrutura tecnológica adequada para as interações pretendidas e para a armazenagem de informações, caso sejam necessárias;
- pessoal técnico para o suporte e resolução de problemas relacionados aos equipamentos ou as máquinas em si;
- alternativas para o caso de falhas de conexão via *Internet*: CD-rom;
- *plugin Macromedia Flash Player*, para que seja possível a visualização das animações geradas com o *Flash MX*<sup>6</sup>;

---

<sup>6</sup> o plugin para o sistema operacional Linux pode ser obtido no endereço: [http://fpdownload.macromedia.com/get/shockwave/flash/english/linux/7.0r25/install\\_flash\\_player\\_7\\_linux.tar.gz](http://fpdownload.macromedia.com/get/shockwave/flash/english/linux/7.0r25/install_flash_player_7_linux.tar.gz) e para o sistema operacional Windows pode ser obtido no endereço: [http://www.macromedia.com/shockwave/download/download.cgi?P1\\_Prod\\_Version=ShockwaveFlash](http://www.macromedia.com/shockwave/download/download.cgi?P1_Prod_Version=ShockwaveFlash)

- e, ainda, lembrar de reservar o laboratório de informática ou a sala com computadores, com antecedência, para não correr o risco de perder ou atrasar o planejamento.

Salientamos que é preciso, por parte do professor, conhecimento básico em informática e no objeto de trabalho no laboratório de informática para que, durante a aula, pequenos imprevistos possam ser rapidamente resolvidos. Pode acontecer também que existam alunos com conhecimento em computadores e programas tentando modificar algo. Isto efetivamente aconteceu conosco, pois um aluno com conhecimento em *Html* procurou copiar ou modificar o código fonte durante a aula. Outro modificou a configuração da tela, o que dificultou a visualização da simulação em estudo. Também é necessário que a configuração dos computadores permita o acesso a todo o material evitando baixa velocidade de conexão com a *Internet*, ou na abertura dos programas, o que ocorre principalmente nos casos dos arquivos executáveis e que não passou despercebido pelos nossos alunos, conforme observações constantes no questionário (vide Apêndice D). Sugerimos como solução a este problema a instalação dos aplicativos nos microcomputadores ou gravação em um CD-rom.

O ambiente virtual de apoio – no nosso trabalho, os recursos multimídia - deve ser complementar àquilo que não pôde ser visto em sala de aula e deve conter conceitos, exemplos, descrições dos fenômenos, experimentos e simulações. Esses recursos também devem poder ser acessados a qualquer momento, sem a necessária presença do professor.

No próximo capítulo apresentamos nossas conclusões a respeito da aplicação desse trabalho e perspectivas para futuros trabalhos.

## 6 CONCLUSÕES

A introdução das novas tecnologias com a inclusão dos recursos multimídia tem contribuído para a implementação de novas metodologias de ensino proporcionando benefícios aos estudantes, especialmente pelo fator motivador e facilitador do processo de ensino e aprendizagem.

Creemos que a utilização dos recursos computacionais contribui não só para a atualização do ensino, mas também para o desenvolvimento pelo aluno de competências e habilidades associadas às diferentes disciplinas, em especial no estudo da Física.

Por isto desenvolvemos como material multimídia: um hipertexto com fotos e figuras utilizando como tecnologias educacionais - animações, vídeos e simulações interativas - como atividades complementares no estudo de Física Térmica a ser desenvolvido em um trimestre letivo. Para os conceitos fundamentais abordados, produzimos animações que os ilustram e usamos algumas simulações interativas disponibilizadas na *Internet*. Os vídeos mostram o funcionamento das demonstrações que foram realizadas em sala de aula como pseudo-organizadores dos conteúdos que foram tratados posteriormente.

Desta forma, nosso produto educacional consistiu na elaboração de um CD-rom com o material multimídia, um teste de escolha simples que envolve os principais conceitos e os experimentos para demonstração em aula. Incluímos, como anexo, para os professores do ensino médio, textos elaborados pela Profa. Dra. Célia Maria Soares Gomes de Sousa como pseudo-organizadores prévios.

O material educacional proporciona ao professor a possibilidade de desenvolvimento dos conteúdos de forma mais atual e dinâmica, de modo que é possível aprofundar os conteúdos trabalhados na sala de aula convencional, despertando uma maior motivação nos alunos e também é uma alternativa na metodologia de trabalho, podendo ser utilizado como complementar às aulas expositivas ou sendo complementado por elas.

Para os estudantes, o material serve como auxiliar em sala de aula, despertando interesse e compreensão dos assuntos tratados e também como fonte de consulta, fora do ambiente escolar, para aprofundar o que aprenderam nas aulas.

Os experimentos confeccionados e utilizados para demonstrações em sala de aula e as animações produzidas, bem como as simulações *Java Applets*, proporcionaram a interação do aluno com os recursos que lhes foram disponibilizados. Procuramos com isto a participação ativa dos estudantes, que não ficaram apenas na posição de ouvintes.

As atividades complementares geraram maior motivação para aprender, conforme constatado pelo questionário de avaliação. A análise do pré e pós-teste mostrou que houve melhorias no desempenho dos alunos que utilizaram o material, porém, como o número de horas de contato dos estudantes com o material foi pequeno, pretendemos utilizá-lo no Colégio Estadual Protásio Alves, no segundo trimestre de 2005, que apresenta melhores condições de aplicabilidade de nosso produto educacional, o que permitirá a interação dos estudantes com o material durante 16 horas-aulas em 18 semanas, e reavaliar sua eficácia.

Pretendemos também fazer novas correções de rumo e tornar nosso material útil para os nossos alunos, para os alunos de outros professores e, posteriormente, ampliá-lo a outros ramos da Física, uma vez que há conceitos difíceis de serem visualizados e há também conceitos difíceis de serem abstraídos e que podem ser simples de serem animados para torná-los mais fáceis de serem compreendidos.

Creemos que o desenvolvimento de animações é uma boa opção também para experimentos que permitam uma boa modelagem gráfica ou a transformação em simulação com grande capacidade de interação, principalmente quando difíceis de serem colocados em prática em laboratórios de ciências ou quando estes não existem ou são precários.

A experiência didática que realizamos mostrou-nos que é possível que um professor coloque em prática novos projetos pedagógicos no ensino, principalmente na rede pública, onde há uma maior liberdade e incentivo.

Acreditamos que para mudanças significativas nas metodologias do ensino é necessária a participação de todos para a construção e implementação de projetos, inclusive para a superação de obstáculos desde a proposta até a sua concretização.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Paralelo Editora, 2002.
- AXT, R.; BRÜCKMANN, M. E. O conceito de calor nos livros de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 128-142, ago.1989.
- BARBETA, V. B.; BECHARA, J. M. *Uso de simulações em computador em aulas de laboratório de física*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 24., 1996, Manaus. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/vbarbeta/Cobenge-1996-or.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2004.
- BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de mecânica clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 158-167, jun. 2002.
- BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Dificuldades conceituais em física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 324-341, set. 2002.
- CABRAL, F., LAGO, A. *Física 2*. São Paulo: Harbra, 2004.
- CAMPBELL, D. T. E.; STANLEY, J. C. *Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa*. São Paulo: EDUSP, 1979.
- CANTARELLI, E. M. P. *Software educacional*. Disponível em: <<http://www.fw.uri.br/~elisa/sofedu/SoftwareEducatonal.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2004.
- CAVALCANTE, M. A.; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. O uso da internet na compreensão de temas de física moderna para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n.1, p. 108-112, mar. 2001.
- CREF. *Laboratório de experimentação remota*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/hp/LER.html>>. Acesso em: 15 abr. 2003.
- DALLA, A.; SOUZA, R. L. D., TAROUÇO, L. M. R. *A utilização da indexação de vídeos com mpeg-7 e sua aplicação na educação*. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/mar2004/artigos/35-autilizacao.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2004.
- DARDE, P. *Máquinas térmicas a combustão interna de Otto*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodinamica/motor.html>>. Acesso em: 06 jun. 2004.
- DEMO physics vídeo. Disponível em: <<http://www.educacional.com.br>>. Acesso em: 06 nov. 2004.

DENARDI, R. M. et al. *Laboratório computacional de física: uma experiência de ensino integrado de matemática numérica e física em engenharia*. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/ensinet/artigos/a007.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2004.

ESEMPIO di animazioni di fisica com Flash. Disponível em: <[http://utenti.garamond.it/gpm/ssis/esempi\\_fisica/esempi.htm](http://utenti.garamond.it/gpm/ssis/esempi_fisica/esempi.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2003.

FALSTAD, Paul. *Gas molecules simulation applet*. Disponível em: <<http://www.falstad.com/gas>>. Acesso em: 10 ago. 2003.

FENDT, W. *Java-Applets zur physik*. Disponível em: <<http://www.walter-fendt.de/ph14d/>>. Acesso em: 20 fev. 2003.

FINN, J. D. Analysis of variance and covariance. In: KEEVES, J. P. (Org.). *Educational research, methodology, and measurement: an international handbook*. Cambridge: Pergamon, 1997.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272. set. 2003.

GARCIA, A. F. *Física con ordenador: curso interativo de física em Internet*. Disponível em: <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

GARCIA, M. R.; ROMERO, R. *La contextualización de la enseñanza de la física y el uso de los programas de televisión*. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/equidad/rioseco6.PDF>>. Acesso em: 10 out. 2004.

GASPAR, A. *Física*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2001. v. 2.

GONÇALVES, L. J. *Física térmica*. Disponível em: <<http://cref.if.ufrgs.br/~leila/>>. Acesso em: 02 set. 2004.

GRAF, *Física*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1998. v. 2.

GUERRA, J. H. L. *Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção*. 2000. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia da Faculdade de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HWANG, F. K. *NTNU virtual physics laboratory*. 2001. Disponível em: <<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/indexPopup.html>>. Acesso em: 12 abr. 2003.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, S. S. *Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura*. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/abrapec/revistas/v2n3a2.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2004.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997.

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

MEYER, D. E; KRUSE, M. H .L. *Acerca das diretrizes curriculares e projetos pedagógicos: um início de reflexão*. Disponível em: <[www.observatorio.nesc.ufrn.br/texto\\_forma07.pdf](http://www.observatorio.nesc.ufrn.br/texto_forma07.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2003.

MORAN, J. M. *O vídeo na sala de aula*. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/vidsal.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2004.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora UnB, 1999a.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa subversiva*. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3., 2000, Peniche. *Actas*. Monte de Caparica: Grafema [2000]. p. 33-45.

MOREIRA, M. A. *Teorias construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999b. (Textos de apoio ao professor de física, n.10).

MOREIRA, M. A.; SOUSA, C. M. S. G.de. Organizadores prévios como recurso didático. In: MOREIRA, M. A. *Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras*. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 129-146.

NOGUEIRA, J. et al. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2000.

OLIVEIRA, G. P. *Novas tecnologias da informação e da comunicação e a construção do conhecimento em cursos universitários: reflexões sobre acesso, conexões e virtualidade*. Disponível em:<[www.campus-oei.org/revista/deloslectores/344Pastre.pdf](http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/344Pastre.pdf)> Acesso em: 15 abr. 2004.

OPTICS for kids. Disponível em:< <http://www.opticsforkids/> >. Acesso em: 15 abr. 2003.

PARANÁ, D. N. S. *Física*. 6. ed. São Paulo. Ática, 1998. v. 2.

PCN - Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 1999.

PEREIRA, D. C.; RIBEIRO, G. T. C. Concepções erradas sobre energia, entropia e conceitos afins em alunos do ensino terciário. *Revista Portuguesa de Educação*, Braga, v. 2, n. 3, p. 7-12, 1989.

PET física UEM. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: < <http://www.pet.dfi.uem.br/animacoes/index.html> >. Acesso em: 12 abr. 2003.

PHYSLETS Disponível em: <<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>>. Acesso em: 02 fev 2004.

SANTOS, J. N. S.; SILVA, R. T. Animação interativa como organizador prévio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. *Atas do ...* Curitiba: CEFET-PR, 2003. p. 2333-2342. 1 CD-ROM.

SANTOS, A. V., SANTOS, R. S., FRAGA, L. M. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 185-195, jun. 2002.

SILVA, R. T. Modelagem e construtivismo no ensino de física. Disponível em:<<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/emc.htm#ModC>>. Acesso em: 10 jul. 2003.

SILVEIRA, F. L. da. Validação de testes de papel e lápis. In: MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. da. *Instrumento de pesquisa em ensino e aprendizagem*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993. p. 67-101.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 41, n. 11, p. 1129-1133, nov. 1989.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A. Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 14, n. 1, p. 75-86, 1996.

SOUSA, C. M. S. G. de. *Pseudo-organizadores prévio como recursos instrucionais no ensino de física*. 1980. 203 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

TAROUCO, L. M. R. *Vídeo educacional: aula 1*. In: PROJETO e desenvolvimento de vídeos educacionais. Porto Alegre: CINTED/UFRGS, 2004. (Curso de extensão).

TAVARES, R. *Aprendizagem significativa*. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/nea/ondas/pdf/Aprendizagem%20significativa.pdf>>. Acesso em: 02 nov 2004.

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

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

VIRTUAL reality laboratory. Ann Arbor: University of Michigan, 2003. Disponível em: <<http://www-vrl.umich.edu/projects.html>>. Acesso em: 10 abr. 2003.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 215-225, jun. 2001.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Neste apêndice apresentamos o teste aplicado aos alunos. As questões indicadas com asterisco foram por nós propostas. As demais foram extraídas de Silveira e Moreira (1996).

**IMPORTANTE: NÃO ESCREVA NADA NAS FOLHAS DE QUESTÕES. RESPONDA APENAS NA GRADE ABAIXO.**

**NOME:**.....**Nº** .....**TURMA:**.....

**INSTRUÇÕES:** Este teste contém 25 questões de escolha múltipla com três alternativas de resposta, identificadas por a), b) e c). Para cada questão pode haver uma, duas ou três alternativas corretas. Utilize a grade abaixo para indicar quais as alternativas estão corretas.

Alternativas corretas							
	somente a)	somente b)	somente c)	a) e b)	a) e c)	b) e c)	todas corretas
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

**NÃO FAÇA MARCAS NESTAS FOLHAS; RESPONDA ÀS QUESTÕES DESTE TESTE DE ACORDO COM AS INSTRUÇÕES NA GRADE EM ANEXO.**

01. Associamos a existência de calor:
- a) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
  - b) apenas àqueles corpos que se encontram "quentes".
  - c) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia.
02. Para se admitir a existência de calor:
- a) basta um único sistema (corpo).
  - b) são necessários, pelo menos, dois sistemas.
  - c) basta um único sistema, mas ele deve estar "quente".
03. Para se admitir a existência de calor deve haver:
- a) diferença de temperatura.
  - b) diferença de massa.
  - c) diferença de energia.
04. Calor é:
- a) energia cinética das moléculas.
  - b) energia transmitida somente devido à diferença de temperatura.
  - c) energia contida em um corpo.
05. No interior de um quarto que não tenha sido aquecido ou refrigerado durante vários dias:
- a) a temperatura dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira.
  - b) a temperatura dos objetos de metal, das cobertas e dos demais objetos é a mesma.
  - c) nenhum objeto apresenta temperatura.
06. A água (a  $0^{\circ}\text{C}$ ) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a  $0^{\circ}\text{C}$ ), contém, em relação ao gelo:
- a) mais energia.
  - b) menos energia.
  - c) a mesma energia.
07. Dois cubos metálicos A e B são postos em contato. O cubo A está mais "frio" do que B. Ambos estão mais "frios" do que o ambiente em que se encontram, onde a temperatura é de  $20^{\circ}\text{C}$ . Após um longo tempo, sabendo-se que o ambiente continua a  $20^{\circ}\text{C}$ , a temperatura final de A e B será:
- a) igual à temperatura ambiente.
  - b) igual à temperatura inicial de B.
  - c) uma média das temperaturas iniciais de A e B.
08. Duas pequenas placas A e B, de mesmo material e de mesma espessura, são colocadas no interior de um forno, o qual é fechado e ligado. A massa de A é o dobro da massa de B. Inicialmente as placas e o forno encontram-se todos à mesma temperatura. Se esperarmos um tempo suficientemente grande, a temperatura de A será:
- a) o dobro da de B.
  - b) a metade da de B.
  - c) a mesma da de B.
09. O que se modifica quando uma porção de água que já está fervendo passa, por ebulição, para o estado de vapor?
- a) A sua energia interna.
  - b) O calor contido nela.
  - c) A sua temperatura.
10. A energia interna de um corpo pode ser associada com:
- a) calor.
  - b) energia cinética de átomos e/ou moléculas.
  - c) energia potencial de átomos e/ou moléculas.

11. Quando as extremidades de uma barra metálica estão a temperaturas diferentes:

- a) a extremidade cuja temperatura é maior contém mais calor do que a outra.
- b) o calor escoa da extremidade que contém mais calor para a que contém menos calor.
- c) há transferência de energia por movimento desordenado de átomos e/ou moléculas.

12. Quando, com o mesmo ebulidor elétrico ("rabo quente"), são aquecidos 100 ml de água e 100 ml de álcool, constata-se que o tempo necessário para elevar de  $1^{\circ}\text{C}$  a temperatura da água é maior do que o tempo necessário para que ocorra o mesmo com o álcool. Isto significa que a água acumula, em comparação ao álcool:

- a) a mesma energia.
- b) mais energia.
- c) menos energia.

13. Objetos de metal e de plástico são colocados no interior de um "freezer" que se encontra a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Depois de alguns dias pode-se afirmar que a temperatura dos objetos de plástico é:

- a) maior do que a dos objetos de metal.
- b) menor do que a dos objetos de metal.
- c) igual à dos objetos de metal.

14\*. A densidade de um objeto sólido geralmente:

- a) diminui quando a temperatura diminui.
- b) aumenta quando a temperatura aumenta.
- c) diminui quando a temperatura aumenta.

15\*. Quando a temperatura de um ferro elétrico automático se eleva, o ferro desliga-se automaticamente, voltando a ligar se a temperatura cair até um certo valor. Isto se justifica, pois no seu interior há um:

- a) anemômetro.
- b) pirômetro.

c) termostato.

16\*. Ao aquecermos um objeto sólido suas moléculas:

- a) aumentam e se aproximam.
- b) vibram menos.
- c) vibram mais e se afastam.

17\*. Quando um recipiente completamente cheio de líquido é aquecido, este transborda um pouco. O volume do líquido que transbordou mede:

- a) a dilatação absoluta do líquido.
- b) a dilatação aparente do líquido.
- c) a dilatação real do líquido.

18. Quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, há passagem de calor do mais quente para o mais frio. Uma das conseqüências de ocorrer o fenômeno é:

- a) Há um aumento da energia no corpo de temperatura maior.
- b) Há uma diminuição de energia no corpo de temperatura menor.
- c) Há um aumento de energia no corpo de temperatura menor.

19. Quando o calor se propaga em um objeto sólido há:

- a) aumento do número de moléculas no corpo.
- b) translação das moléculas do corpo.
- c) aumento da vibração das moléculas por condução.

20\*. Quando um anel se dilata:

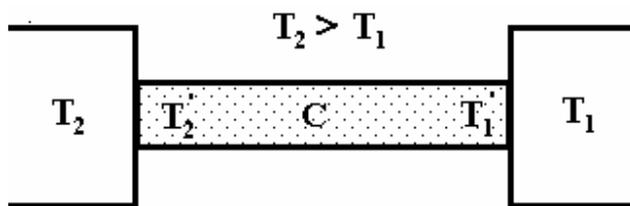
- a) seu diâmetro aumenta.
- b) seu diâmetro diminui.
- c) seu diâmetro não se altera.

21. Em dois copos idênticos contendo cada um 250 ml de água à temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , são colocados, respectivamente, um cubo de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  e três cubos de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  (cada cubo com aproximadamente 3 ml). Em que situação a água esfria mais?

- a) No copo onde são colocados três cubos de gelo.

- b) No copo onde é colocado um cubo de gelo.
  - c) Esfria igualmente nos dois copos.
- 22\*. Em uma máquina térmica:
- a) todo calor recebido é transformado em trabalho.
  - b) é impossível transformar todo calor em trabalho.
  - c) todo calor cedido é transformado em trabalho.

23. A figura representa uma situação de condução de calor em regime estacionário. Considere o corpo C (sombreado) um condutor de calor. Observe as quatro temperaturas (T) indicadas na figura. O que caracteriza esta situação de condução de calor?



- a)  $T_2' = T_1'$
- b)  $T_2' > T_1'$
- c)  $T_2' < T_1'$

24. Duas esferas de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno a  $150^\circ\text{C}$ . Ao serem retiradas do forno, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- a) O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- b) A esfera de maior massa contém mais calor do que a de menor massa.
- c) Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

25. As mesmas esferas referidas na questão anterior são agora deixadas durante muito tempo em uma geladeira a  $-10^\circ\text{C}$ . Ao serem retiradas da geladeira, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- a) O calor contido nas esferas foi removido.
- b) O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- c) Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

## **APÊNDICE B**

Este apêndice contém o CD-rom elaborado por nós como produto educacional e que contém o hipertexto sobre Física Térmica e os textos elaborados por Sousa (1980) como pseudo-organizadores prévios no estudo de Física Térmica.

## APÊNDICE C

Neste apêndice apresentamos o questionário distribuído ao final da aplicação do produto educacional.

### **Pesquisa sobre Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC) no ensino da Física.**

**Obs: algumas questões podem apresentar mais de uma resposta.**

1. Você sabe utilizar o computador para:

- |                                                                        |                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Navegar na Internet                           | <input type="checkbox"/> Enviar e receber e-mail                   |
| <input type="checkbox"/> Fazer uma pesquisa pela Internet              | <input type="checkbox"/> Fazer um <i>site</i> (Exemplo: FrontPage) |
| <input type="checkbox"/> Editar um texto (Exemplo: Word)               | <input type="checkbox"/> Jogar virtualmente                        |
| <input type="checkbox"/> Usar uma planilha eletrônica (Exemplo: Excel) |                                                                    |

2. Você tem acesso ao computador em sua residência?

- Sim  Não

3. Se você tem acesso ao computador em sua residência, você usa o computador comumente para navegar na *Internet*?

- Sim  Não

4. Você usa computador para navegar na Internet em outro lugar?

- Colégio  Residência de parentes ou amigos  Outros

5. Você costuma navegar na Internet com que frequência?

- Diariamente  Nos finais de semana  Eventualmente

6. Você gostou de ter usado o computador para aprender Física Térmica?

- Sim   Não  mais ou menos

7. Durante nosso curso de Física Térmica, você teve problemas no funcionamento das simulações e animações?

- Sim  Não  Às vezes

8. Dos tópicos do sítio sobre Física Térmica, quais foram os de sua preferência?

- Temperatura  Calor e Propagação do calor  Termodinâmica  
 Máquinas Térmicas  Experimentos  Simulações  Vídeos  Outro

9. Você faria um curso virtual sobre algum tópico de Física?

- Sim  Não  Talvez

10. O uso da informática no aprendizado de um assunto de Física é estimulante?

- Sim  Não  Às vezes

11. Você acredita que o uso das simulações facilitou o seu entendimento dos fenômenos?

- Sim  Não  Talvez

12. Você gostaria que outras disciplinas usassem o computador?

- Sim  Não  Talvez

13. Você gostou das demonstrações feitas nas aulas de Física Térmica?

- Sim  Não  Talvez

14. Observações e Sugestões:

## APÊNDICE D

Abaixo estão listadas algumas observações e comentários dos alunos feitos no questionário que consta no Apêndice C.

O uso do computador estimula e facilita o aprendizado em qualquer disciplina. Por isso deveria ser mais utilizado.

aluno 1

Teria que ter uma sala de computação para ser melhor o aprendizado do aluno.

aluno 2

Eu acho que a escola deveria ter um laboratório de física e química mais completa.

aluno 3

O colégio tem que ter mais computadores, seria muito bom aprender biologia no computador.

aluno 4

FOI LEGAL AS APRESENTAÇÕES, MAS TEVE UMA QUE EU NÃO ENTENDI!! MAS DE MODO GERAL FOI LEGAL E É MUITO MAIS FÁCIL DE SE APRENDER

aluno 5

Em nossas aulas de Física que tivermos demonstrações e imagens nos computadores foram bem mais fácil o entendimento e o aprendizado.

aluno 6

Seria bom ter uma escola para uso dos alunos e para que professores façam suas apresentações através dele, afinal é um bom método para a aprendizagem.

aluno 7

Deveríamos ganhar computadores pois com o uso de fica mais fácil assimilar as coisas que no quadro fica difícil de imaginar acontecendo e sem dúvida alguma vale a pena mas seria muito mais fácil aprendermos. vale a pena ponto de vista

aluno 8

Gostaria que a escola tivesse mais computadores, com Internet, ao alcance de todos, o que nos facilitaria em pesquisas e trabalhos em aula com demonstrações.

aluno 9

O colégio deveria ter melhor equipamento, com computadores e acesso à internet, ~~assim~~ assim tendo uma aula mais interativa e um melhor entendimento sobre o assunto.

aluno 10

A escola poderia ter computadores, pois com eles temos mais facilidade de entendermos algumas explicações.

aluno 11

foram legais as formas desse ensino através do computador e são muito mais fáceis de visualizar.

aluno 12

que aulas assim facilitam e estimulam o ~~aprendizado~~ aprendizado.

aluno 13

Aumentar e aprimorar a tecnologia dos nossos equipamentos.

aluno 14

Devem colocar computadores com mais rapidez porque os computadores que tem no laboratório de informática são um pouco lentos.

aluno 15

## **ANEXO**

## ANEXO

Este anexo contém os textos da Profa. Dra. Célia Maria Soares Gomes de Sousa da Universidade de Brasília, que consta da sua dissertação de mestrado, intitulada *Pseudo-organizadores Prévios como Recursos Instrucionais no Ensino de Física*, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS (Sousa, 1980). Os textos foram redigidos como pseudo-organizador prévio para uma população de estudantes da Engenharia, matriculados em uma disciplina de Física Geral, recomendada para o segundo semestre do curso, na qual seriam tratados os tópicos de Termodinâmica e Teoria Cinética dos Gases. Reproduzimo-los neste anexo, com a autorização da autora, por se tratar de um excelente pseudo-organizador prévio para os professores do ensino médio, que sejam responsáveis pelo ensino de Física Térmica. Eles foram mantidos em sua forma original, apesar de que a seriação dos tópicos abordados não coincide com a do hipertexto que produzimos, porque isto não interfere nas suas funções de pseudo-organizadores prévios. Também cremos que a referência a aulas anteriores ou posteriores, feitas pela autora, não prejudicará a compreensão dos mesmos.

### ***Temperatura, Calor e 1ª Lei da Termodinâmica (Introdução ao assunto) [ibid., p. 181]***

A primeira parte do curso que você está iniciando agora (Física II), trata de fenômenos térmicos. Você estudará tópicos relativos a duas áreas da Física conhecida como Termodinâmica e Teoria Cinética dos Gases.

Na teoria cinética, estuda-se propriedades térmicas da matéria do ponto de vista atômico, isto é, procura-se entender estas propriedades, com base na suposição de que a matéria é constituída de átomos que obedecem certas leis. Na Termodinâmica determina-se relações entre várias propriedades da matéria, sem se levar em conta sua estrutura interna, ou seja, não se considera a existência de átomos e moléculas. Tanto a Teoria Cinética quanto a Termodinâmica tratam do mesmo tipo de fenômenos físicos; só que na primeira, admite-se a existência de átomos na matéria e aplica-se as leis da mecânica a eles. Na Segunda, lida-se apenas com variáveis macroscópicas, tais como pressão, temperatura e volume. Portanto, a Termodinâmica adota um ponto de vista macroscópico enquanto que a Teoria Cinética aborda os mesmos fenômenos de um ponto de vista microscópico.

Os conceitos fundamentais para estudo de Termodinâmica e Teoria Cinética dos Gases são calor, temperatura e entropia. De um ponto de vista geral (macroscópico), podemos dizer que a temperatura de um sistema é uma propriedade que, eventualmente, atinge o mesmo valor que a de outros sistemas, quando todos eles são colocados em contato; a temperatura é uma espécie de medida de “nível de calor” de um corpo e não da “quantidade de calor contida nesse corpo”. Calor é uma forma de energia. É a energia em trânsito de um corpo (ou sistema) a outro, devido à diferença de temperatura entre eles. Entropia, por sua vez, pode ser interpretada como uma medida do grau de desordem de um sistema. É a medida da tendência de grandes conjuntos de moléculas em movimento aleatório irem de uma configuração menos provável (um arranjo ordenado) para uma configuração mais provável (mais desordenada).

Neste curso, os fenômenos térmicos serão discutidos inicialmente em termos do conceito de temperatura do ponto de vista macroscópico, introduzindo-se a Lei Zero da Termodinâmica (equilíbrio térmico). Em seguida, serão introduzidos os conceitos de calor como uma forma de energia (energia térmica) e os de capacidade térmica e calor específico que são conceitos subordinados aos conceitos de calor e temperatura. Depois de concretizada a idéia de calor como forma de energia, será estabelecida uma relação de equivalência entre energia térmica e energia mecânica, comumente conhecida como equivalente mecânico do calor. Antes da introdução da primeira lei da Termodinâmica será feita uma distinção entre calor e trabalho, definindo este último como a energia que é transferida de um sistema para outro de tal maneira que a diferença de temperatura não esteja diretamente envolvida.

Finalmente, será apresentada a primeira lei da Termodinâmica, a qual estabelece uma relação entre calor, trabalho e energia. Esta lei é simplesmente um enunciado do Princípio de Conservação da Energia, com o qual você já deve estar familiarizado, quando existe energia térmica envolvida no processo. Temos, entretanto, que cuidar quando tratamos de calor como forma de energia: apesar do calor ser identificado como uma forma de energia, não se pode esperar que o calor seja uma quantidade que se conserva. A energia como um todo se conserva, mas não necessariamente uma certa forma de energia. A energia mecânica, por exemplo, nem sempre se conserva. A Lei da conservação da energia mecânica é válida somente se desprezarmos o trabalho feito pelas forças de atrito. Quando as forças de atrito existem atuando no sistema, sua energia mecânica total diminui e o que ocorre é que esta perda de energia mecânica aparece sob forma de energia térmica. Sendo então, o calor uma forma de energia, é de se esperar que possa ser transformado em outras formas de energia, ou em trabalho. Todos os processos de transformação de calor em outras formas de energia ou

em trabalho, devem obedecer a lei de conservação da energia que, neste caso, tem o nome de primeira lei da Termodinâmica. Aliás, de um modo geral, pode-se dizer que a Termodinâmica é o ramo da Física que trata da influência mútua entre calor, trabalho e energia.

Mais adiante, no estudo de fenômenos térmicos, você terá oportunidade de analisar os conceitos já aprendidos, de uma forma mais específica, mais minuciosa. Com o auxílio da Teoria Cinética você poderá interpretar temperatura e calor do ponto de vista microscópico, através de um modelo mecânico para um gás ideal, investigando as conseqüências das leis de Newton aplicadas a este gás. Finalizando esta parte do curso, você estudará entropia e a segunda lei da Termodinâmica, que é mais restritiva que a primeira, e específica, dentre os processos que conservam a energia, quais os que realmente podem ocorrer na natureza.

Estes comentários introdutórios foram preparados a fim de dar-lhe uma visão geral do assunto para que você não se sinta “perdido” quando estiver estudando detalhes, resolvendo problemas. Ainda dentro da idéia de dar-lhe uma visão panorâmica do conteúdo a ser abordado nas próximas aulas, elaboramos um diagrama, uma espécie de “mapa” relacionando os principais conceitos e leis a serem estudados. Este mapa está na figura 1\*. Nele aparecem em destaque os conceitos de temperatura, calor e entropia por serem os “conceitos chave” do conteúdo em questão. Aparecem também as leis da termodinâmica e alguns outros conceitos relevantes. Destes conceitos, apenas energia interna e variável de estado não foram ainda mencionados nesta introdução. Energia interna é simplesmente a diferença  $Q$  (calor) –  $W$  (trabalho) no processo termodinâmico considerado. Observa-se que essa diferença depende apenas dos estados inicial e final do sistema e não do caminho entre eles. Aliás, isso é que define variável de estado: é a grandeza que tem um valor que é característico apenas do estado do sistema, independente de como esse estado foi atingido. A energia interna, assim como a entropia, é uma variável de estado. O calor  $Q$ , por outro lado, não é. Este e outros aspectos envolvendo os conceitos e leis que descrevem os fenômenos térmicos serão discutidos em detalhe durante nosso estudo de termodinâmica e Teoria Cinética.

---

\* Obviamente, este mapa não está completo, a bem da clareza e, além disso, não é único, isto é, existem muitas maneiras de traçá-lo.

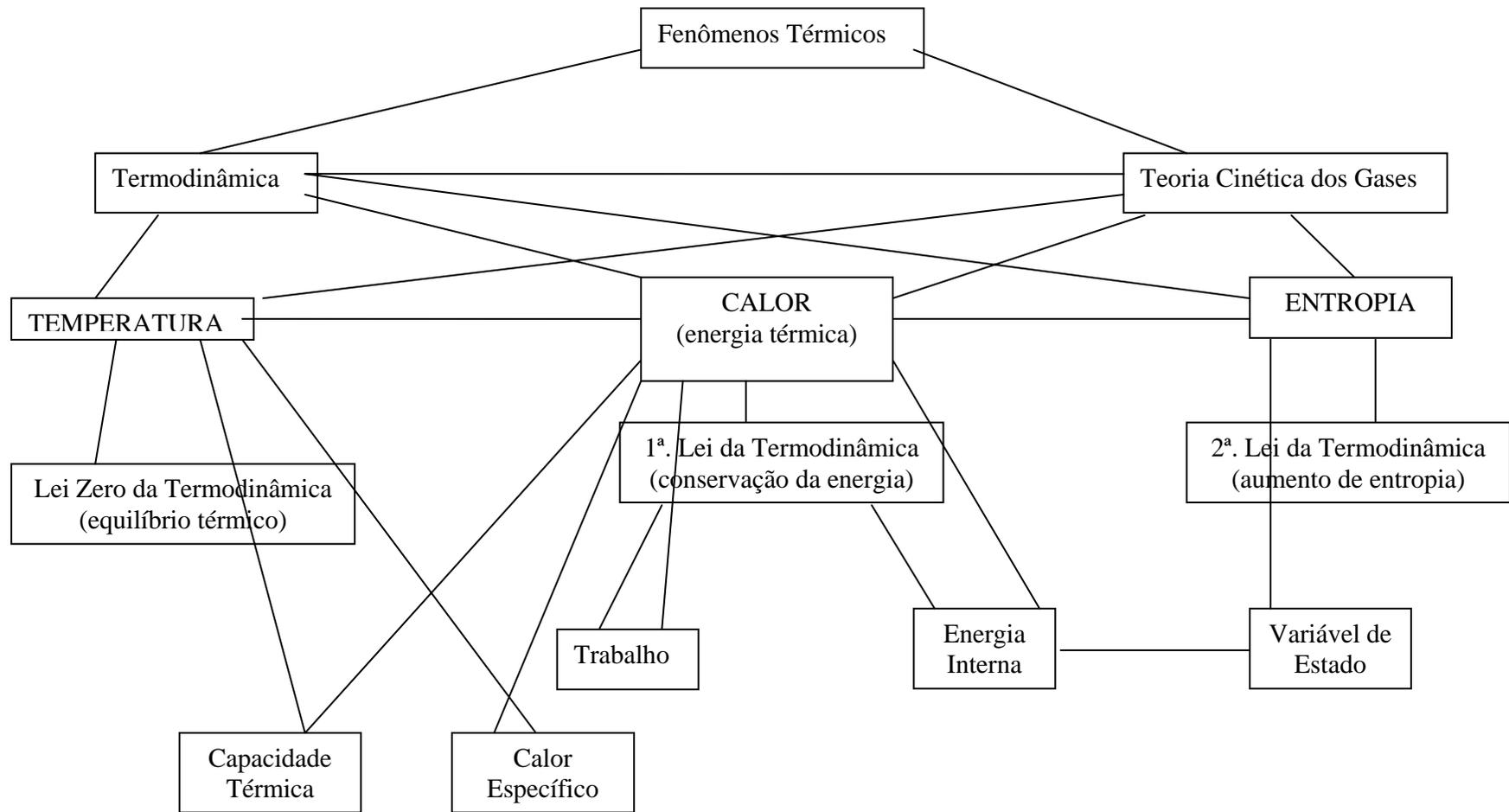


Figura 1 – Um mapa conceitual para os fenômenos térmicos

*Teoria Cinética dos Gases (Introdução ao assunto) [ibid., p. 186]*

Ao analisar situações físicas geralmente focalizamos nossa atenção em uma porção de matéria e a separamos mentalmente, do meio externo a ela. Esta porção de matéria é o que chamamos de “sistema” enquanto que o meio exterior é a “vizinhança”. Para descrever o comportamento do sistema selecionamos certas quantidades físicas. Entretanto, ao fazer isso podemos adotar dois diferentes pontos de vista: o macroscópico ou o microscópico.

No caso de processos envolvendo fenômenos térmicos, o ponto de vista macroscópico é o da Termodinâmica enquanto que o microscópico é o da teoria atômica do calor (teoria cinética da matéria). Na abordagem macroscópica descreve-se características gerais (macroscópicas) do sistema, especificando-se algumas de suas propriedades mensuráveis que são percebidas mais ou menos diretamente pelos nossos sentidos. Por exemplo, para descrever o comportamento de um gás contido em um recipiente usamos o volume, a pressão e a temperatura, i.e., quantidades que percebemos diretamente através de nossos sentidos. A propósito, você concorda que o ponto de vista da Mecânica que você estudou em seu curso de Física I é também o macroscópico?

Na abordagem microscópica, descreve-se características específicas, detalhadas, do sistema através de muitas quantidades que não são mensuráveis diretamente e também não são por nós percebidas diretamente através de nossos sentidos. No caso do gás no recipiente, por exemplo, especifica-se o número de moléculas, suas velocidades ou energias, suas interações, etc. Obviamente, no entanto, a descrição microscópica deve, em última análise, levar a valores e propriedades de quantidades macroscópicas diretamente mensuráveis. Em outras palavras, quando aplicados ao mesmo sistema, os dois pontos de vista devem ser compatíveis.

A coerência entre os dois pontos de vista reside no fato de que as poucas propriedades diretamente mensuráveis são simplesmente médias, ao longo de um certo período de tempo, de um grande número de características microscópicas. Por exemplo, a pressão de um gás é a taxa média de variação do *momentum* devido a todas as colisões por unidade de área das moléculas com as paredes do recipiente. A temperatura do gás está relacionada com a energia cinética média de translação de suas moléculas. Mesmo em Mecânica, às vezes lidamos com variáveis microscópicas cujas médias são macroscópicas ou quantidades diretamente mensuráveis. O coeficiente de atrito, por exemplo, é uma variável macroscópica relacionada com quantidades microscópicas.

Nas aulas anteriores adotamos, essencialmente, o ponto de vista macroscópico. Temperatura, por exemplo, foi definida como uma propriedade macroscópica de um sistema termodinâmico que acaba por atingir o mesmo valor para vários sistemas quando colocados em contato durante um tempo suficientemente grande. Nessas aulas, introduzimos também o conceito de calor como uma forma de energia, mencionamos de passagem o conceito de entropia como uma medida do grau de desordem do sistema e discutimos a Lei Zero (equilíbrio térmico) e a 1ª. Lei da Termodinâmica (conservação da energia). Utilizamos ainda outros conceitos, tais como capacidade térmica, calor específico e energia interna, mas em nenhum momento falamos em átomos ou moléculas ou lidamos com quantidades que não fossem, em maior ou menor escala, diretamente “perceptíveis” através de nossos sentidos. Isto é, estávamos descrevendo os fenômenos térmicos macroscopicamente. Estávamos usando o ponto de vista da Termodinâmica.

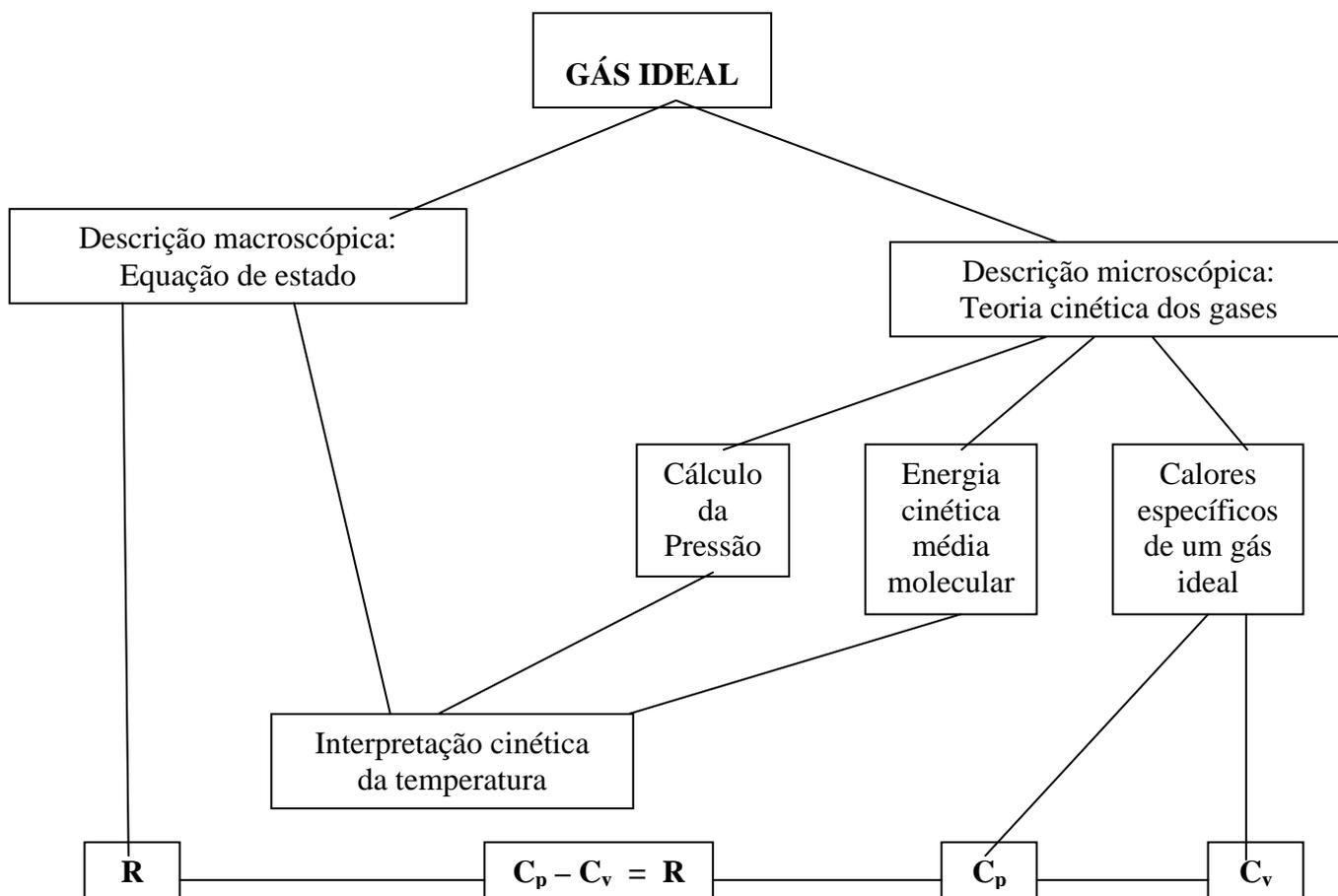
Pois bem, agora adotaremos o ponto de vista microscópico, o da Teoria Cinética (um ramo subsidiário da Mecânica Estatística), a qual pressupõe a existência de átomos e moléculas e aplica estatisticamente as leis da Mecânica aos átomos e moléculas que constituem o sistema. A aplicação estatística das leis da Mecânica (i.e., a Mecânica Estatística), pode ser feita em dois níveis diferentes. Um deles é a Teoria Cinética, onde se utiliza técnicas matemáticas relativamente simples para calcular médias como, por exemplo, a energia cinética média das moléculas de um gás. Em um outro nível, são utilizadas técnicas mais abstratas e formais. A Teoria Cinética pode ser aplicada a gases, sólidos e líquidos, porém, no caso de gases as interações entre átomos são muito mais fracas do que nos líquidos e sólidos, o que simplifica bastante o tratamento matemático do problema. Daí restringirmos nosso estudo à Teoria Cinética dos Gases, porém, ela será suficiente para nos permitir uma melhor diferenciação dos conceitos já introduzidos nas aulas anteriores, através de uma interpretação mecânica e microscópica dos mesmos. Para se chegar a esta interpretação, será proposto um modelo mecânico, palpável, para um gás ideal e serão investigadas as consequências das leis de Newton aplicadas a este gás. Isto é, será construído um modelo de um gás e irá se procurar, usando somente conceitos mecânicos tais como massa, espaço, tempo e as leis de movimento, obter uma interpretação microscópica para o conceito de temperatura, por exemplo. Além disso, será introduzida uma equação muito importante: a equação de estado dos gases ideais. Todos os gases ideais obedecem a esta equação sob quaisquer condições.

Apesar de que o gás ideal não existe na realidade, este conceito é muito útil, pois o comportamento dos gases reais se aproxima do comportamento do gás ideal a densidades suficientemente baixas. Assim como outros sistemas, um gás ideal pode também ser estudado tanto sob o ponto de vista macroscópico como do microscópico. Começaremos então com uma definição macroscópica de um gás ideal que é a própria equação de estado dos gases ideais, já mencionada anteriormente. (Isto é, esta equação define gás ideal do ponto de vista macroscópico). Após, passaremos ao ponto de vista microscópico, propondo o modelo ao qual já nos referimos. Em seguida serão feitos o cálculo da pressão de um gás e chegaremos a uma interpretação da temperatura, ambos sob o ponto de vista microscópico, ou seja, a partir da teoria cinética. Na interpretação cinética da temperatura chega-se a uma expressão que nos diz que a temperatura do gás é proporcional à energia cinética média das moléculas do gás. Pode-se dizer que esta expressão é uma definição microscópica e mecânica da temperatura. Como você poderá observar, essa definição não contradiz em nada a interpretação microscópica da temperatura dada nas aulas anteriores.

O modelo do gás é também utilizado para explicar o calor específico dos gases. Como já vimos, o calor específico de uma substância é definido como a quantidade de calor necessário para variar de um grau a temperatura da unidade de massa de substância. Nesse caso, a unidade usada é o *mol* e o calor específico correspondente é a capacidade térmica molar. Você verá que apenas dois tipos de capacidades térmicas molares são importantes no estudo dos gases: capacidade térmica molar à volume constante,  $C_v$ , e a capacidade térmica molar à pressão constante,  $C_p$ . Finalizando este estudo, será feita uma análise de como as moléculas absorvem energia quando, então, serão introduzidos o teorema da equipartição da energia, e o conceito de grau de liberdade. Esta análise será feita para gases monoatômicos, diatômicos e poliatômicos.

Após a Teoria Cinética, concluiremos nosso breve estudo dos fenômenos térmicos dedicando algumas aulas ao conceito de entropia e à Segunda Lei da Termodinâmica, os quais já foram mencionados no texto que você recebeu na primeira aula e constam do “mapa conceitual” que está no fim desse texto.

A propósito, você não acha que poderíamos terminar também este texto com um “mapa conceitual” para a Teoria Cinética dos Gases? Uma tentativa neste sentido está na figura abaixo. Observe que no fundo este é um “submapa” do mapa apresentado no primeiro texto.



***Entropia e 2ª Lei da Termodinâmica (Uma Introdução ao assunto) [ibid., p. 192]***

Este assunto finaliza o estudo de fenômenos térmicos neste curso. Nele serão apresentados o conceito de Entropia e a 2ª Lei da Termodinâmica, como tópicos principais.

Em uma das primeiras aulas, foi introduzida a 1ª Lei da Termodinâmica e foi enfatizado que ela corresponde ao Princípio de Conservação da Energia, aplicado a fenômenos térmicos e estabelece simplesmente que só podem ocorrer na natureza aqueles processos termodinâmicos que conservem a energia total do sistema mais meio ambiente. Mas nem todos os processos que conservam a energia podem ocorrer na natureza. Por exemplo, a passagem espontânea de calor de um corpo frio a um corpo mais quente, esfriando ainda mais o primeiro e aquecendo ainda mais o segundo, é um processo que, embora conservando a energia total, não ocorre na natureza.

A 2ª Lei da Termodinâmica é capaz de especificar, dentre os processos que conservam a energia, quais os que realmente podem ocorrer na natureza, sendo portanto mais restritiva que a primeira lei.

Entretanto, para se chegar a um enunciado preciso e a uma boa compreensão da 2ª Lei, é conveniente estudar antes o Ciclo de Carnot, as máquinas Térmicas e a entropia. Por ciclo entende-se uma série tal de processos que o sistema retorne a seu estado de equilíbrio original. Se as transformações forem todas reversíveis (isto é, aquela que, mediante uma variação diferencial, pode ser realizada em sentido inverso), o ciclo é dito reversível. O ciclo de Carnot é um ciclo reversível que determina o limite de nossa capacidade de converter calor em trabalho e nos fornece informações muito úteis sobre o comportamento de qualquer máquina térmica, que são sistemas que convertem calor em trabalho. Você verá que o rendimento destas máquinas é sempre inferior a 100%, e este assunto (rendimento de máquinas térmicas) será objeto de um dos tópicos de estudo. Aliás, o fato de que nenhuma máquina térmica (nem uma máquina ideal operando de acordo com o ciclo de Carnot) pode ter rendimento igual a 100% é uma maneira de enunciar a 2ª. Lei da Termodinâmica.

Como já dissemos, no entanto, antes de enunciar a 2ª. Lei da Termodinâmica de maneira mais clara, formal e precisa, torna-se necessária a introdução do conceito de entropia, pois assim como a lei zero da Termodinâmica está relacionada com o conceito de temperatura e a primeira lei com o conceito de energia interna  $U$ , a segunda lei está relacionada com a variável termodinâmica entropia, cujo símbolo é  $S$ . Já foi dito que a entropia pode ser interpretada como uma medida do grau de desordem de um sistema. Nas próximas aulas você aprenderá a calculá-la para processos reversíveis e irreversíveis, e será rediscutido o conceito de variável de estado que, como já vimos, é uma grandeza que tem um valor que é característico apenas do estado do sistema, e independente de como este estado foi atingido. A entropia é uma variável de estado.

Finalizando este estudo, será apresentado o enunciado da 2ª. Lei da Termodinâmica, em termos da entropia. Esta lei estabelece que qualquer mudança espontânea (isto é, sem ganho ou perda de energia em relação à vizinhança) em que um sistema, ocorre na direção do acréscimo de entropia e a entropia será máxima quando for atingido o equilíbrio. É esta lei que determina a direção do fluxo de calor. Consideramos, por exemplo, dois corpos isolados que estão a diferentes temperaturas. Quando colocados em contato acabarão por atingir a mesma temperatura de equilíbrio, isto é, passarão de uma distribuição mais ordenada

(diferentes temperaturas) para uma menos ordenada (mesma temperatura) porém mais provável.

Devido a esta lei, a vasta quantidade de energia térmica dos oceanos, por exemplo, não está disponível. Somente se fizermos com que esta energia flua para um outro corpo à temperatura mais baixa é que poderemos aproveitá-la.

Para compreender melhor o significado do aumento de entropia em transformações espontâneas na natureza, vamos considerar o exemplo de uma mistura de água quente e fria. Antes de fazermos a mistura, poderíamos ter usado a água quente e a água fria como as fontes quente e fria de uma máquina térmica e, durante a transmissão de calor, da fonte quente à fria, poderia se obter algum trabalho mecânico. Entretanto, uma vez que tenham sido misturadas as águas quente e fria e que ambas tenha atingido uma temperatura uniforme, perde-se por completo esta oportunidade de converter calor em trabalho. A água morna jamais irá se separar novamente em uma parte quente e outra fria. Não há, no entanto, diminuição de energia quando as águas quente e fria se misturam, o que existe é uma diminuição da quantidade disponível de energia, significando que uma dada quantidade de energia não mais poderá ser utilizada para conversão em trabalho.

Logo, quando a entropia aumenta, passa-se a dispor de menos energia para converter-se em trabalho. Podemos então interpretar entropia também como uma medida da indisponibilidade da energia.

Como já foi dito, este assunto encerra o estudo de fenômenos térmicos neste curso. Em seguida será iniciado o estudo de fenômenos eletromagnéticos. Da mesma forma usada anteriormente, concluiremos esta “introdução ao assunto” com um pequeno “mapa conceitual” para entropia e 2ª. Lei que é, na verdade, um “submapa” daquele apresentado no primeiro texto que lhe foi entregue.

