
RESFRIAMENTO DE UM CORPO: A AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS PROPICIANDO DISCUSSÕES CONCEITUAIS NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO⁺*

Denise Borges Sias

Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas
Pelotas – RS

Rejane Maria Ribeiro-Teixeira

Instituto de Física – UFRGS
Porto Alegre – RS

Resumo

A utilização da aquisição automática de dados nas aulas experimentais de Física em nível médio ainda não é uma realidade nas nossas escolas, porém trata-se de um recurso com grandes potencialidades, não só na busca por uma aprendizagem mais significativa pelo aluno, mas também, como recurso motivador na discussão dos fenômenos físicos. Isto pode ser verificado, neste trabalho, através do relato de algumas atividades experimentais envolvendo a Física Térmica, com a utilização de um sistema de aquisição automática de dados denominado CBL¹. As atividades aqui descritas foram realizadas por duas turmas regulares do ensino médio, mostrando sua possibilidade de uso. Primeiramente, é feita uma investigação sobre os principais fatores que influenciam no resfriamento de um corpo. A partir da compreensão pelos alunos das curvas de resfriamento, é realizado um experi-

⁺ Body's cooling: the automatic data acquisition promoting conceptual discussions in the high school Physics laboratory

^{*} *Recebido: setembro de 2005.
Aceito: maio de 2006.*

¹ CBL, do inglês *Calculator Based Laboratory*.

mento para determinação do calor específico do alumínio e outro para determinação do calor latente de fusão da água.

Palavras-chave: *Laboratório didático, aquisição automática de dados, Física Térmica, teoria da interação social de Vygotsky.*

Abstract

Automatic data acquisition hasn't been a common practice in Brazilian high schools Physics laboratory classes yet. The use of such devices seems to be useful to promote a meaningful learning as well as to motivate discussions about Physics Phenomena. In this article, we report a didactical experiment we have done using data acquisition on Thermal Physics with CBL (Calculator Based Laboratory) devices on regular classes in a Brazilian High School. By implementing this experience in those conditions, we hope to check its would-be use in this level of teaching. First of all, it is looked into the factors that act upon a body's cooling. After that, experiments are carried out using the water's cooling curve for the determination of the aluminum's specific heat and the fusion latent heat of the water.

Keywords: *Didactic laboratory, automatic data acquisition, Thermal Physics, Vygotsky's social interaction theory.*

I. Introdução

A utilização de experimentos no ensino de Física continua sendo um assunto de grande interesse de pesquisadores da área, apresentando uma ampla gama de enfoques e finalidades (ARAÚJO; ABIB, 2003). O uso do laboratório didático é, sem dúvida, um dos mais eficientes meios para se conseguir a contextualização, o entendimento e o envolvimento dos alunos com determinado conteúdo. Porém, para que este tipo de atividade seja realmente eficiente é necessário refletir a respeito da sua função no ensino de Física atual. Algumas críticas feitas às atividades práticas no ensino de ciências se referem ao fato de que a maior parte do tempo é consumida na montagem e coleta de dados, restando pouco tempo para a análise, discussão dos resultados e ao próprio entendimento da atividade realizada. Atividades experimentais desenvolvidas dessa forma tornam-

se pouco efetivas em promover mudanças conceituais nos estudantes (BORGES, 2002, p. 296).

Neste cenário, a aquisição automática de dados realizada através de sistemas, como por exemplo o CBL², surge com novas possibilidades. Em uma atividade experimental com a utilização destes dispositivos, o aluno pode se envolver mais com a realização do experimento, dedicando um tempo maior à análise e à compreensão dos resultados. Isto é possível porque, neste caso, os dados já são apresentados ao aluno na forma de tabelas ou gráficos, poupando-o deste trabalho, muitas vezes maçante.

Algumas publicações em periódicos nacionais (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003; BONAFINI, 2002; BONAFINI, 2003; SCHEFFER, 2002; HAAG; ARAUJO; VEIT, 2005) e principalmente em periódicos internacionais (THORNTON, 1987; TRUMPER, 2003; IMPEDOVO, 1999; ASPETSBERGER; ASPETSBERGER, 2002; ADIE, 1998, dentre outras) relatam positivamente o uso da aquisição automática de dados. Por exemplo, em artigo publicado pela Revista Brasileira de Ensino de Física, Fiolhais e Trindade (2003) citam a aquisição de dados por computador como um dos principais modos de utilização deste no ensino de ciências em geral e da Física, em particular. Em outro artigo, publicado pela revista *Physics Education* (THORNTON, 1987), o autor relata o uso de ferramentas do tipo MBL (do inglês, Microcomputer Based Laboratory), cujo funcionamento é bem semelhante ao sistema CBL. Neste trabalho, além de ser feito um relato entusiasmado do seu uso, são enumeradas vantagens pedagógicas de tal dispositivo. Dentre outras, que tais ferramentas melhoram a aprendizagem, levando aos estudantes uma gama de investigações, são de fácil manipulação por principiantes e encorajam o modo de pensar crítico, reduzindo o trabalho monótono de coleta e manipulação de dados.

De forma semelhante, Adie (1998) relata que o uso de calculadoras gráficas cria novas possibilidades e oportunidades no ensino de Física e que, em virtude disso, nossos métodos didáticos e pedagógicos em muitas áreas devem ser reconsiderados. É exposto que, como em um computador, calculadoras gráficas eliminam a necessidade de habilidades intermediárias não inerentes à Física como traçar gráficos, permitindo aos alunos mais tempo para se concentrar realmente na Física. O autor chama a atenção de que temos de mudar a ênfase de nosso ensino: do processo de obter resultados para uma avaliação do que os mesmos significam e quão bom eles são. Ressalta ainda que, assim como habilidades de traçar gráficos no papel foram essenciais anteriormente, habilidades com a calcu-

² Este dispositivo é produzido pela empresa Texas Instruments.

ladora gráfica são agora fundamentais para a moderna alfabetização científica, pois tais dispositivos são essencialmente uma parte da tecnologia da informação e, se aceitarmos isto, então também aceitaremos que ocorrerão mudanças na forma de como a Física é ensinada.

Apesar das vantagens relacionadas à utilização deste tipo de equipamento, a sua implementação, assim como ocorre com as novas tecnologias de uma forma geral, ainda não aconteceu nas escolas de nível médio em nosso país. Levando em consideração o grande potencial da aquisição automática de dados no laboratório de Física, juntamente com a existência de poucos relatos envolvendo sua utilização no ensino de Física Térmica (ARAÚJO; VEIT, 2004), optou-se por desenvolver algumas atividades nesta área.

Na verdade, mesmo sem o uso de novas tecnologias, a Física Térmica é uma área da Física pouco explorada experimentalmente, embora muito rica para este tipo de abordagem. O fato dos experimentos nesta área normalmente serem demorados, exigindo paciência e concentração na coleta de dados e a dificuldade em obter resultados precisos, contribui para este cenário.

Neste trabalho, apresenta-se um relato de atividades envolvendo o uso da aquisição automática de dados, através do sistema CBL³, no estudo da Física Térmica. Estas atividades foram realizadas em ambiente real de sala de aula, em duas turmas, cada uma com 30 alunos, do primeiro ano do ensino médio do CEFET-RS⁴. A preferência pela utilização de uma abordagem qualitativa, onde se procura enfatizar a visualização e a compreensão do fenômeno envolvido, em vez de um estudo matematicamente mais rigoroso, deve-se ao nível de ensino dos alunos envolvidos. Inicialmente, na seção II, são apresentados aspectos relacionados ao contexto em que tais atividades foram realizadas, como a opção pelo trabalho em grupo e a escolha do sistema utilizado para aquisição automática de dados; na seção III, é feito um relato de uma atividade experimental sobre a Lei de Resfriamento de Newton; experimentos para a determinação do calor específico do alumínio e do calor latente de fusão da água, através da análise da curva de resfriamento são apresentados na seção IV e, por fim, na seção V, são feitas considerações a respeito da realização deste tipo de atividade.

³ A opção pela utilização deste sistema será justificada na seção II.2.

⁴ Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas, situado na cidade de Pelotas, RS.

II. Contexto das atividades

II.1. O trabalho em grupo - A teoria de Lev Vygotsky

A realização das atividades propostas é fundamentada na Teoria da Interação Social de Lev Vygotsky. Esta teoria baseia-se na premissa de que para se compreender o desenvolvimento cognitivo do indivíduo deve-se considerar o contexto social e cultural no qual ele se encontra, ou seja, o desenvolvimento cognitivo é fortemente influenciado pelo meio. “Segundo a nossa concepção, o verdadeiro curso do desenvolvimento do pensamento não vai do individual para o socializado, mas sim do social para o individual” (VYGOTSKY, 1998, p. 24).

As relações sociais transformam-se em funções mentais superiores (pensamento, linguagem) através da mediação do uso de instrumentos e signos. O instrumento é utilizado para fazer alguma coisa e o signo é algo que possui significado. O desenvolvimento cognitivo ocorre através da interiorização de instrumentos e sistemas de signos (MOREIRA, 1999, p. 110-111).

Para analisar o aprendizado escolar, Vygotsky determina dois níveis de desenvolvimento. O primeiro, chamado de nível de desenvolvimento real, está relacionado a ciclos de desenvolvimento já completados pelo indivíduo. Neste nível, são normalmente admitidas como indicadores do desenvolvimento do indivíduo, atividades que este consegue realizar sozinho, sem qualquer ajuda externa. O segundo, denominado nível de desenvolvimento potencial, envolve as atividades que um indivíduo consegue realizar com a ajuda de outros. Vygotsky atribuiu à distância entre esses níveis, um conceito considerado por ele de fundamental importância, chamado de zona de desenvolvimento proximal:

Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (1998, p. 112).

O ensino orientado para níveis de desenvolvimento já atingidos pelo aluno (nível de desenvolvimento real) não é eficiente. O ensino para ser bom, segundo Vygotsky, deve estar à frente do desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Assim sendo, a zona de desenvolvimento proximal é onde ocorre a aprendizagem, provocada pela interação social. Ao aprender, o indivíduo redefine os limites dessa zona.

Dessa forma, para que o indivíduo aproprie-se dos signos utilizados em um determinado contexto social é imprescindível a interação entre este indivíduo e o meio social no qual se encontra. Pode-se verificar aí a grande importância da interação social nesta teoria, pois é através desta interação que o indivíduo vai captar significados dos signos e verificar se os significados atribuídos por ele correspondem àqueles compartilhados pelo grupo no qual está inserido (MOREIRA, 1999, p. 113).

O papel do professor, segundo esta teoria, está em ser o mediador, o companheiro mais capaz que, através da interação com seus alunos, tem a tarefa de compartilhar com estes dos mesmos significados.

Com base no pensamento *vygotskyano*, espera-se que um ensino bem sucedido seja aquele no qual se criem várias situações que despertem os alunos para o assunto em estudo, levando-os a uma intensa interação não só entre si, mas também com o professor. Neste sentido, propõe-se no presente artigo, através da introdução de atividades experimentais no ensino de Física, com a utilização de equipamentos de aquisição automática de dados, criar condições para uma aprendizagem mais eficaz dos conceitos físicos. Acredita-se que estas atividades experimentais, devidamente orientadas, possuam uma maior potencialidade para atingir este objetivo, na medida em que propiciem espaço para as interações sociais. Além disso, espera-se que possam ser mais eficazes em colocar o aluno diante de situações que estejam à frente do seu desenvolvimento cognitivo.

II.2. O sistema utilizado para aquisição automática de dados

Neste trabalho foi utilizado um sistema de aquisição automática de dados chamado CBL, em português, Laboratório Baseado em Calculadora. Trata-se de um dispositivo portátil de coleta de dados em tempo real (Fig. 1.a), onde os dados coletados por sensores⁵ adequados são analisados por meio de calculadoras gráficas. Existe também a possibilidade de conectar a calculadora diretamente ao microcomputador para, então, trabalhar os dados armazenados.

A opção pela utilização deste dispositivo deve-se ao fato de ser um equipamento disponível no CEFET-RS, escola onde a proposta foi implementada. Este equipamento é encontrado em salas denominadas “salas ambientes”, que são espaços que permitem a realização de atividades diferenciadas.

⁵ Os sensores que foram utilizados com o sistema CBL são produzidos pela empresa Vernier.

Nas atividades aqui relatadas foi utilizado um sensor de temperatura (Fig. 1.b) conectado ao sistema CBL.



(a)



(b)

Fig. 1- Sistema CBL. Em (a) temos a calculadora gráfica e o dispositivo de coleta automática de dados, e em (b) o sensor de temperatura utilizado.

III. Lei de Resfriamento de Newton

A Lei de Resfriamento de Newton já foi abordada em artigo onde são relatadas atividades experimentais destinadas à obtenção de uma lei empírica que dê conta do fenômeno do resfriamento (SARTORELLI; HOSOUME; YOSHIMURA, 1999). Porém, trata-se de um trabalho destinado a um curso universitário.

O estudo desta lei não é comumente tratado no ensino médio, porém acreditamos que este seja um assunto interessante de ser trabalhado neste nível de ensino de uma forma conceitual, relacionando a fatos do cotidiano do aluno. Também, a possibilidade de utilizar a análise da curva de resfriamento na determinação do calor específico e do calor latente dá uma outra versão a estes experimentos já tradicionais na Física Térmica.

A seguir, relata-se uma atividade experimental envolvendo o resfriamento de um corpo, assim como a contextualização da Física oportunizada pela sua realização. Também apresenta-se os resultados obtidos pelos alunos nesta atividade.

III.1. Realização da atividade e a contextualização da Física

Inicialmente os alunos foram levados a refletir sobre situações do cotidiano relacionadas ao resfriamento de um corpo, como por exemplo: “Por que o café servido em uma xícara esfria mais rapidamente no inverno do que no verão?” A seguir, a turma foi dividida em seis grupos e cada grupo realizou a coleta de dados em uma situação diferente. Isto foi feito com a finalidade de que cada grupo investigasse a influência de um parâmetro diferente no processo de resfriamento de um corpo. No final de cada experimento, os dados coletados através do sistema CBL foram digitados pelos alunos em uma planilha eletrônica⁶.

Após a organização dos dados de seu experimento, cada grupo compartilhou o seu resultado com os demais, fazendo uma análise e identificando os principais fatores que influenciam no resfriamento de um corpo.

Na verdade, a discussão do fenômeno envolvido no experimento não ocorreu somente em um momento isolado após a coleta e organização dos dados, mas também ao longo do desenvolvimento da atividade. Durante a preparação do experimento e a coleta de dados, surgiram discussões a partir de observações feitas pelos alunos, tais como: (i) “Por que não conseguimos começar o experimento com a mesma temperatura que o grupo ao lado?”; (ii) “O outro grupo já está com a temperatura muito mais baixa que a nossa!”; (iii) “Será que se ficarmos tocando com a mão no recipiente influenciará no resultado?”.

Nestes momentos de discussão, fortemente estimulados pela professora, os alunos identificaram espontaneamente uma maior contextualização a respeito do assunto em estudo. Por exemplo, os alunos que utilizaram 25 ml de água observaram que a temperatura inicial de sua coleta de dados foi mais baixa do que aquela dos grupos que usaram uma maior quantidade de água⁷. Isto foi relacionado por eles à ocorrência de uma maior perda de energia para o meio externo (antes do início da coleta de dados), devido a menor quantidade de água envolvida no seu experimento. Com relação a este fato, uma aluna destacou que esta perda de energia poderia ser originada na transferência da água de um recipiente para outro, lembrando o que sua mãe costuma fazer, repetidamente, quando deseja esfriar um líquido mais rapidamente. Outro exemplo de situação de contextualização ocorreu quando um grupo que coletou seus dados com o recipiente imerso em água comparou seus resultados com os de outro grupo, que realizou a

⁶ Isto proporcionou que os alunos compreendessem como se dá a transposição para um gráfico dos valores expressos em uma tabela.

⁷ Embora soubessem que a água utilizada por todos estivesse originalmente a mesma temperatura.

coleta nas mesmas condições, exceto pelo fato do recipiente encontrar-se em contato com o ar. Neste processo, ficou claro para eles a influência do meio externo sobre o resfriamento de um corpo. Eles, então, associaram esta conclusão a um recurso que muitos cozinheiros utilizam para resfriar mais rapidamente determinado alimento, que é o de colocar o recipiente que o contém parcialmente imerso em água.

Após a análise dos resultados pelos grupos, foi realizada uma grande discussão em sala de aula envolvendo toda a turma. Neste momento ainda foram colocadas outras situações do cotidiano relacionadas ao assunto, como o fato dos animais ficarem enroscados sobre si mesmos em dias frios e o uso de serpentinas para o resfriamento ou aquecimento rápido de um líquido.

Como fechamento da atividade, foi disponibilizado na página da disciplina (SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2005a) um texto sobre o assunto contendo os gráficos coletados pelos alunos e os resultados das discussões. Foi muito significativo constatar o entusiasmo dos alunos ao verem o trabalho do qual tinham participado ativamente divulgado na *Web*.

III.2. Os dados coletados

Nesta seção, são apresentados alguns dados coletados pelos alunos seguidos de uma análise qualitativa dos mesmos, evidenciando os principais fatores que influenciam no resfriamento de um corpo. Na Fig. 2 são mostradas curvas típicas de resfriamento obtidas pelos grupos em diversas situações.

É importante salientar que nas situações II e III são utilizados os mesmos volumes de líquido (25 ml de água) contidos em tubos de ensaio semelhantes, ambos imersos em um mesmo meio externo (béquer com 1000 ml de água a diferentes temperaturas). Embora em ambos os casos o sistema “25 ml de água + meio externo” não estivesse isolado, as trocas de energia do mesmo com a atmosfera não foram significativas. Isto se deve ao fato da transferência de energia entre os 25 ml e os 1000 ml de água, durante um intervalo de coleta de 20 min, ser mais efetiva frente aquela de todo o sistema com a atmosfera.

Comparando-se os diferentes resultados, pode-se inferir sobre os principais fatores que influenciam no resfriamento de um corpo:

1. Meio externo

A influência do meio externo pode ser verificada comparando-se os resultados obtidos pelos grupos I e II. Em ambas situações, tem-se o mesmo volume de líquido, resfriado em recipientes iguais. A diferença está em que um recipiente foi imerso em água e o outro no ar. Neste caso, constata-se que é mais rápido o resfriamento do recipiente imerso em água⁸.

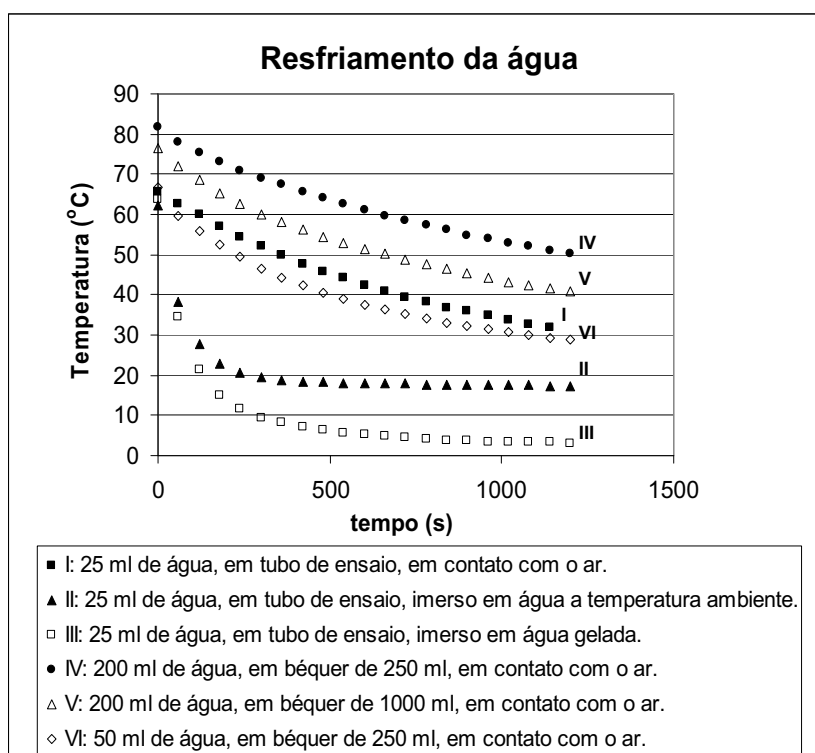


Fig. 2- Curvas de resfriamento da água coletadas pelos alunos em diferentes situações.

2. Condições do meio externo

Comparando os resultados obtidos pelos grupos II e III, verifica-se a influência da temperatura do meio externo no resfriamento. Nas duas situações é utilizado o mesmo volume de líquido resfriado em recipientes iguais expostos a um mesmo meio externo. A diferença está apenas na temperatura do meio exter-

⁸ Esta conclusão se deve ao fato da condutividade térmica da água ser maior que a do ar. Isto oportunizou uma discussão sobre condutores e isolantes térmicos.

no e, neste caso, observa-se o resfriamento mais rápido ocorre no recipiente que foi imerso em água de menor temperatura.

3. Superfície exposta do corpo

Os resultados dos grupos IV e V mostram a influência da superfície exposta do corpo no seu resfriamento. Nestes casos foram coletados dados para volumes iguais do mesmo líquido, contidos em recipientes em que as superfícies expostas eram de tamanhos diferentes. Constatou-se que, quanto maior a superfície exposta do corpo (razão superfície/volume do líquido), mais rápido será seu resfriamento.

4. Massa do corpo

Ao comparar os resultados encontrados pelos grupos IV e VI, verificou-se a influência da massa (ou do volume) do corpo na rapidez de seu resfriamento. Estes dois grupos coletaram o resfriamento de quantidades diferentes de um mesmo líquido em recipientes iguais. Percebeu-se, então, que quanto maior a massa (ou o volume) envolvida (o), menor será a rapidez de resfriamento. Nos experimentos representados pelas curvas da Fig. 2 utilizou-se sempre a mesma substância, a água. Por este motivo, não se pôde verificar a influência do calor específico do corpo no resfriamento. Esta dependência pôde ser constatada em uma outra atividade experimental (SIAS, RIBEIRO-TEIXEIRA, 2005b).

Partindo ainda da observação da Fig. 2, verifica-se que os gráficos de resfriamento ali representados não correspondem a funções lineares. Analisando os resultados obtidos, os alunos constataram que a temperatura não variava igualmente em intervalos de tempo iguais⁹. A análise feita pode ser verificada na Fig. 3, tanto através do gráfico quanto da respectiva tabela, onde foram tomados como exemplo, os seis primeiros pontos da curva III da Fig. 2. Percebe-se que na medida em que a água se resfria a variação da temperatura diminui em um mesmo intervalo de tempo (ver coluna da direita da tabela da Fig. 3).

O objetivo desta atividade é o de fazer uma análise qualitativa dos fatores que influenciam no resfriamento de um corpo. No entanto, foi apresentada aos alunos uma versão da equação da Lei de Resfriamento de Newton, ainda dentro de uma abordagem qualitativa e acessível neste nível de ensino:

⁹ Esta discussão foi realizada qualitativamente, devido ao fato dos alunos ainda não estarem familiarizados com funções exponenciais.

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -K (T_C - T_A) \cdot$$

na qual ΔT é a variação de temperatura sofrida pelo corpo, K representa um coeficiente de proporcionalidade, que dependerá da superfície exposta, do calor específico do corpo e também é função de características do meio ambiente, T_C é a temperatura inicial do corpo, T_A é a temperatura ambiente e Δt é o intervalo de tempo.

Isto serviu para reforçar as conclusões da análise dos resultados da atividade experimental, mostrando aos alunos uma outra forma de representar as idéias da Física (SIAS, RIBEIRO-TEIXEIRA, 2005a).

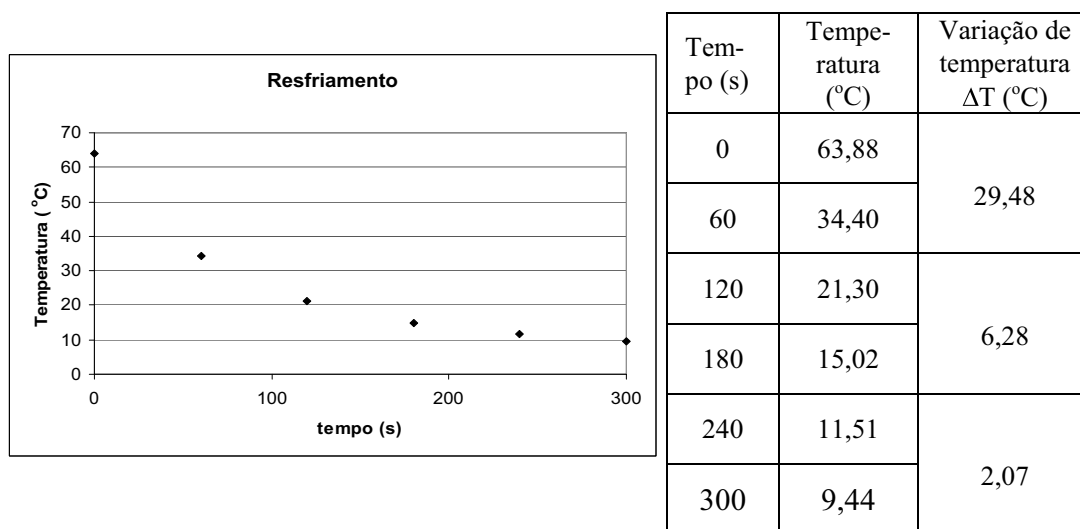


Fig. 3- Dados coletados pelos alunos durante o resfriamento de 25 ml de água imersa em um recipiente contendo água gelada.

IV. Medindo o calor específico do alumínio e o calor latente de fusão da água

A seguir, são apresentados relatos de duas atividades experimentais, realizadas pelos alunos em grupos, que utilizam a análise da curva de resfriamento. Uma delas refere-se à determinação do calor específico do alumínio e a outra do calor latente de fusão da água.

IV.1. Calor específico do alumínio

A determinação do calor específico de uma substância através da análise da curva de resfriamento já foi abordada em outras publicações (MAT-

TOS; GASPAR, 2003; SILVA et al, 2003). Porém, nestes trabalhos não é utilizada a aquisição automática de dados e a análise dos resultados apresentada está voltada para a sua utilização, preferencialmente, no ensino superior.

O fato das atividades aqui propostas destinarem-se a alunos do primeiro ano do ensino médio conduziu a uma análise da curva de resfriamento com uma abordagem diferente das encontradas na literatura (MATTOS; GASPAR, 2003; SILVA et al, 2003). Utilizamos, então, a mesma abordagem comumente empregada na resolução de problemas de calorimetria neste nível de ensino. Porém, tentamos conduzir o aluno, através da realização do experimento, a constatar as aproximações feitas e a sua validade em determinadas situações.

O início do experimento ocorreu com a configuração do sistema de coleta de dados. Cada grupo configurou o sistema para coletar doze valores de temperatura em intervalos de 30 em 30 s, com uma duração total de 6 min.

Em um copo de isopor de 250 ml de capacidade, são colocados 75 ml (75 g) de água a uma temperatura inicial aproximadamente 10°C acima da temperatura ambiente. Feito isto, é dado início à coleta de dados. Mede-se o resfriamento da água no copo de isopor por cerca de dois minutos e, então, mergulha-se um bloco de alumínio¹⁰ de 27 g. Na Fig. 4, temos o gráfico coletado por um dos grupos de alunos neste experimento. Nele podem ser identificadas três regiões distintas: região I – onde se pode verificar o resfriamento dos 75 ml de água antes da imersão do bloco de alumínio; região II – onde a troca de energia acontece predominantemente entre o bloco de alumínio e a água; e região III – nesta região pode-se verificar o resfriamento do bloco de alumínio juntamente com a água existente no copo, logo após ocorrer o equilíbrio térmico entre ambos.

Na análise do gráfico coletado, os alunos identificaram o momento onde a troca de energia ocorreu predominantemente entre o bloco de alumínio e a água contida no copo de isopor, representado pela região II nos gráficos da Fig. 4. A partir desta identificação é possível estabelecer as temperaturas, inicial ($30,63^{\circ}\text{C}$) e final ($29,88^{\circ}\text{C}$) desta região, respectivamente indicadas pelas setas na Fig. 4.b. O calor específico do alumínio é, então, determinado considerando-se que, nesta região, toda a energia recebida pelo bloco de alumínio foi cedida pela água. É claro que procedendo desta forma faz-se uma aproximação, considerando desprezível a energia trocada entre o sistema [água + bloco de alumínio] e o meio externo, após o bloco ser mergulhado na água. A aproximação feita foi identificada pelos alunos ao observar que o sistema [água + bloco de alumínio] encon-

¹⁰ Neste momento o bloco encontra-se à temperatura ambiente.

trava-se em contato direto com o meio externo¹¹. Por outro lado, durante a discussão deste experimento, os alunos perceberam o fato do sistema [água + bloco de alumínio] estar contido em um recipiente bom isolante térmico e, também, a temperatura da água nele contida estar bem próxima da temperatura ambiente. Como já verificado anteriormente (Fig. 3), isto leva à redução da taxa de transferência de energia do sistema para o meio ambiente.

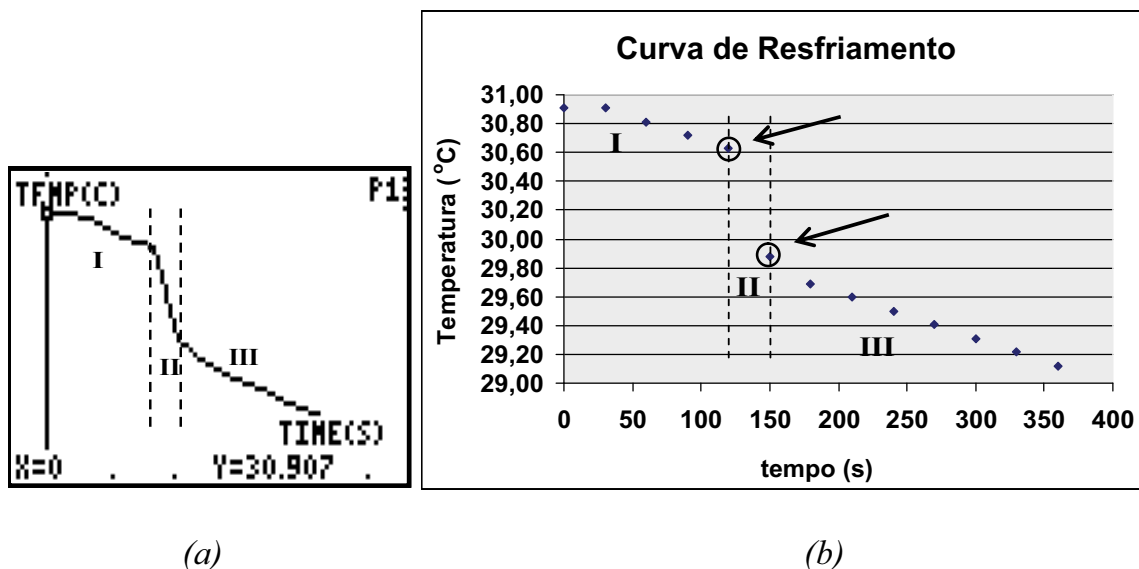


Fig. 4- Gráfico coletado, com utilização do sistema CBL, por um dos grupos de alunos durante a realização do experimento para determinação do calor específico do alumínio. Em (a) temos a representação da temperatura da água, medida em graus Celsius, versus o tempo, medido em segundos, apresentado no visor da calculadora. Em (b) os mesmos dados são ilustrados, com auxílio de uma planilha eletrônica, de forma mais detalhada. Em ambos a separação em regiões foi feita posteriormente como recurso ilustrativo.

A partir dos valores medidos para a massa do bloco de alumínio (27 g), para a massa de água utilizada (75g) e para a temperatura ambiente (20°C), foi realizada a determinação do calor específico do alumínio, conforme segue:

Considerando somente as trocas de energia entre a água e o bloco de alumínio, relativas à região II dos gráficos (Fig. 4), temos que:

¹¹ Embora o recipiente usado neste experimento fosse feito de isopor (um bom isolante térmico) este se encontrava aberto permitindo troca de energia com o meio externo.

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{CEDIDO}} + \Delta Q_{\text{RECEBIDO}} &= 0 \\ (m c \Delta T)_{\text{ÁGUA}} + (m c \Delta T)_{\text{ALUMÍNIO}} &= 0 \\ (75)(1)(29,88 - 30,63) + (27)(c)(29,88 - 20) &= 0 \\ c_{\text{ALUMÍNIO}} &= 0,21 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Para fins didáticos, este resultado pode ser considerado muito bom, de acordo com o valor tabelado do calor específico do alumínio que é de 0,22 cal/g.^oC. Uma discussão a respeito do significado físico do valor encontrado também foi realizada.

IV.2. Calor latente de fusão da água

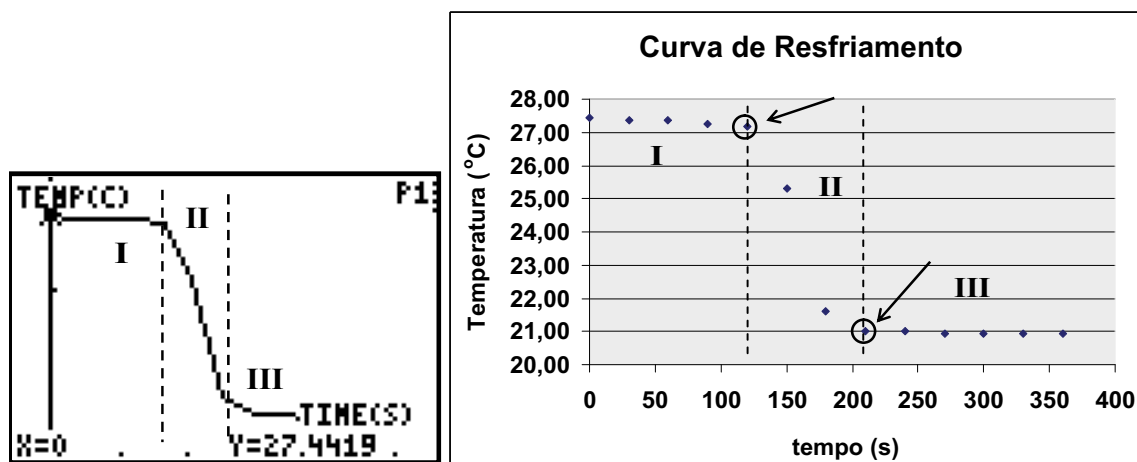
Também é possível, através da análise da curva de resfriamento, a determinação do calor latente de fusão da água. A atividade experimental aqui relatada teve como referência a proposta apresentada por Robinson (1987). A coleta de dados foi configurada da mesma maneira que no experimento para determinação do calor específico do alumínio (seção IV.1). A diferença é que aqui são utilizados 200 ml de água com temperatura inicial aproximadamente 5°C acima da temperatura ambiente. Após medir o resfriamento da água contida no copo de isopor por aproximadamente 2 min, mergulha-se um cubo de gelo, mexendo-se delicadamente a água até o final da coleta de dados. A determinação da massa do cubo de gelo foi feita pelos alunos através da diferença entre os volumes de água no copo de isopor, inicial (200 ml) e final (após o término da coleta de dados). Para tal procedimento fizeram uso de uma proveta graduada.

O gráfico coletado por um dos grupos neste experimento é mostrado na Fig. 5. Da mesma forma que no experimento do calor específico do alumínio, pode-se dividir o gráfico coletado em três regiões: região I – mostrando o resfriamento dos 200 ml de água antes de ser colocado o cubo de gelo; região II – região onde a troca de energia ocorre predominantemente entre o cubo de gelo e a água contida no copo de isopor; e região III – que mostra o resfriamento do sistema [água + cubo de gelo]¹² após o equilíbrio térmico entre ambos.

A análise deste experimento foi realizada de forma análoga ao experimento para determinação do calor específico do alumínio (seção anterior). Após identificar a região onde houve troca de energia predominantemente entre a água e o cubo de gelo, os alunos verificaram as temperaturas, inicial (27,16°C) e final (21,02°C), referentes a este intervalo. Estes valores encontram-se respectivamente indicados pelas setas na Fig. 5.b. A aproximação feita de que nenhuma energia é

¹² A referência a este sistema será feita desta forma embora no decorrer deste experimento haja uma mudança de estado físico e o cubo de gelo passe para o estado líquido.

trocada entre o sistema [água + cubo de gelo] e o meio externo já tinha sido utilizada anteriormente (seção IV.1). Além desta, foram discutidas com os alunos outras aproximações realizadas neste experimento. Uma delas foi referente à medida da massa do cubo de gelo ter sido realizada indiretamente através da medida dos volumes da água contida no copo de isopor. A outra está relacionada à temperatura inicial do cubo de gelo. Neste experimento utilizou-se um cubo de gelo em fase inicial de fusão, por este motivo considerou-se sua temperatura inicial igual a 0°C.



(a)

(b)

Fig. 5- Gráfico coletado, com utilização do sistema CBL, por um dos grupos de alunos durante a realização do experimento para determinação do calor latente de fusão da água. Em (a) temos a representação da temperatura da água, medida em graus Celsius, versus o tempo, medido em segundos, apresentado no visor da calculadora. Já em (b) os mesmos dados são ilustrados, com auxílio de uma planilha eletrônica, de forma mais detalhada. Em ambos a separação em regiões foi feita posteriormente como recurso ilustrativo.

A partir dos valores obtidos para a massa do cubo de gelo (12 g) e massa de água envolvida (200g), foi realizada a determinação do calor latente de fusão da água da seguinte maneira:

Considerando somente as trocas de energia entre a água e o cubo de gelo, relativas à região II dos gráficos (Fig. 5), temos que:

$$\Delta Q_{\text{CEDIDO}} + \Delta Q_{\text{RECEBIDO}} = 0$$

$$(m c \Delta T)_{\text{ÁGUA}} + [(m L_f) + (m c \Delta T)]_{\text{GELO}} = 0$$

$$(200)(1)(21,02 - 27,16) + (12)(L_f) + (12)(1)(21,02 - 0) = 0$$

$$L_f = 81,31 \text{ cal/g} .$$

Este resultado pode ser considerado bom para fins didáticos. O valor tabelado do calor latente de fusão da água encontrado na literatura é igual a 80 cal/g.

É importante ressaltar que, na realização dos experimentos relatados nesta seção, o objetivo principal é que o aluno observe o fenômeno da troca de energia através de dados coletados em tempo real e, assim, consiga dar um maior significado à resolução de problemas envolvendo este assunto. As considerações feitas, de desprezar a troca de energia com o meio ambiente, são normalmente encontradas em livros-texto. Ao realizar o experimento, no entanto, os alunos perceberam ser esta apenas uma aproximação, que pode ser feita em condições em que a troca de calor com o meio externo seja muito pequena.

V. Considerações finais

Em relação às atividades aqui relatadas podem ser feitas algumas considerações. Iniciaremos com aquelas referentes ao trabalho em grupo. Ao ter de realizar um experimento dividindo tarefas com colegas, os alunos começam a compartilhar dúvidas e idéias. Algumas vezes surgem divergências, pois nem sempre todos compartilham do mesmo significado sobre um determinado assunto. Estes momentos em que discussões surgem no grupo são extremamente produtivos para o desenvolvimento cognitivo de cada aluno, pois é quando este se encontra totalmente envolvido com o fenômeno em estudo, confrontando seus conceitos prévios com as situações apresentadas. Sem dúvida, este tipo de trabalho ajuda muito, não só na aquisição dos conceitos em estudo, mas também no relacionamento e integração entre os alunos, fazendo com que estes se sintam mais responsáveis pela sua aprendizagem. O professor surge aqui como aquele que já detém os significados considerados corretos e que orienta estas discussões de forma que os alunos possam compartilhar destes mesmos significados. Todas estas idéias foram vivenciadas no decorrer das atividades aqui relatadas e podem ser diretamente relacionadas ao referencial *vygotskyano* adotado na realização das mesmas. Conforme já exposto na seção II.1, segundo este referencial, para que o indivíduo aproprie-se dos signos utilizados em um determinado contexto social é imprescindível sua interação com o meio social no qual se encontra (MOREIRA, 1999).

Pôde-se constatar também que a utilização da aquisição automática de dados teve um papel importante na realização destas atividades. Foi possível

verificar o grande envolvimento dos alunos, tanto na realização dos experimentos quanto nas discussões a respeito do que estavam observando. Como exemplo, podemos citar o entusiasmo com que discutiam os experimentos sobre resfriamento, ou então, o fascínio com que observavam a acentuada diminuição da temperatura da água, nos experimentos relatados na seção IV, tanto no momento em que o bloco de alumínio é nela submerso (Fig. 4), quanto ao se mergulhar o cubo de gelo (Fig. 5). Assim como relatado por outros autores (THORNTON, 1987; TRUMPER, 2003; IMPEDOVO, 1999; ASPETSBERGER; ASPETSBERGER, 2002; ADIE, 1998), acreditamos que todo este envolvimento demonstrado pode ser atribuído, em grande parte, ao uso do dispositivo de aquisição automática de dados que possibilita a “leitura” do fenômeno em tempo real. Neste caso, os alunos não tendo que anotar dados podem se deter mais na observação e interpretação dos resultados. A possibilidade de ficar simplesmente acompanhando a coleta dos dados pelo sistema automático é importante para que os alunos tenham maior envolvimento com o fenômeno abordado. Além disso, a realização de experimentos, tais como determinação de calor específico e de calor latente, de forma simples como foram relatados aqui, seria uma tarefa complicada utilizando um termômetro comum, pois uma variação de temperatura em um curto intervalo de tempo seria algo difícil de acompanhar na prática.

Enfim, com a utilização de dispositivos de aquisição automática de dados, como o que foi utilizado neste trabalho, é possível dar um novo significado ao uso de atividades experimentais no laboratório didático de Física. Sias (2006) traz um relato completo de uma experiência no ensino de Física Térmica em nível médio, da qual as atividades presentes neste artigo são parte integrante. Embora cientes das dificuldades vivenciadas no ensino da Física, acreditamos que mesmo em condições menos favoráveis, atividades deste tipo devam ser incentivadas. A atualização dos métodos e materiais de ensino é necessária para sua melhoria e considera-se importante que os professores, mesmo que hoje não tenham condições para implementação de um trabalho como este, tomem conhecimento desta possibilidade. Pois somente desta forma poderão ter condições para optar pela busca por novos recursos.

Para finalizar, é importante salientar que na implementação das novas tecnologias no ensino deve-se estar sempre muito atento à metodologia utilizada. Pois, se a intenção é ter um ensino mais motivador e facilitador de condições para que ocorra a evolução conceitual do estudante, não seria nada proveitoso a utilização destas novas tecnologias aliada a velhos métodos. Sendo assim, é importante salientar que, no ensino médio, ao propor a realização de experimentos a seus alunos, o professor deve ter claro que a principal função destes deve

ser levar o estudante a um melhor entendimento dos fenômenos físicos. Desta forma, as etapas principais na realização de um experimento em sala de aula são a montagem e a análise dos dados e resultados. O aluno precisa compreender o objetivo da realização de determinada atividade experimental, assim como participar ativamente da sua montagem. É nesta etapa que se inicia a discussão do experimento, podendo suscitar, muitas vezes, discussões além daquelas previstas pelo professor. Espera-se, então, que este tipo de situação conduza o aluno a um maior envolvimento com o assunto estudado, podendo levá-lo a compartilhar dos significados cientificamente corretos, promovendo assim sua evolução conceitual. Isto acaba criando também um maior envolvimento afetivo do aluno com a disciplina, o que não é comum acontecer no caso da Física, que é normalmente considerada pela grande maioria dos alunos uma disciplina não muito atraente, sendo isto atribuído à grande dificuldade apresentada no seu entendimento.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores E. A. Veit e U. S. Sias pela leitura crítica do texto, assim como aos alunos que participaram desta experiência didática. D. B. S. agradece o apoio recebido do CEFET-RS.

Referências bibliográficas

ADIE, G. The impact of the graphics calculator on physics teaching. **Physics Education**, Bristol, v. 33, n. 1, p. 50-54, Jan. 1998.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, abr./jun. 2003.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 5-18, set./dez. 2004.

ASPETSBERGER, B.; ASPETSBERGER, K. Modelling and interpreting experimental data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE TEACHING OF MATHEMATICS, 2, 2002, Grécia. **Proceedings**. Disponível em: <<http://www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap357.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

BONAFINI, F. C. Tecnologia portátil e a reorganização do pensamento. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION, 3, 2003, São Paulo. Disponível em:

<<http://www.rc.unesp.br/igce/pgem/downloads/artigos/bonafini/ICECEVERS AO%20FINAL-port.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

BONAFINI, F. C. CBL e calculadora gráfica: novos instrumentos integrando o ensino de Matemática e Física. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, VI, 2002, Campinas. Disponível em:

<http://www.rc.unesp.br/igce/pgem/downloads/artigos/bonafini/Bonafini_Ebr apem2002.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2005.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

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.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 89-94, maio 2005.

IMPEDOVO, M. Matematica e ... Fisica. In: CONVEGNO INTERNAZIONALE MATEMÁTICA E ...ASPETTI INTERDISCIPLINARI, I, 1999, Itália. Disponível em: <<http://www.matematica.it/impedovo/articoli/Matematica%20e%20fisica.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

MATTOS, C.; GASPAR, A. Uma medida de calor específico sem calorímetro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 45-48, jan./mar. 2003.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

ROBINSON, P. **Conceptual physics: laboratory manual**. Reading: Addison Wesley Longman, 1987. 320 p.

SARTORELLI, J. C.; HOSOUME, Y.; YOSHIMURA, E. M. A lei de esfriamento de Newton: introdução às medidas em Física– parte II. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 116-121, mar. 1999.

SCHEFFER, N. F. Movimentos corporais, sensores, informática e representação matemática. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 25, 2002, Caxambu. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/25/posteres/nilcefatimaschefferp19.rtf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. **Resfriamento de um corpo**. Disponível em: <<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/resfriamento.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005a.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. **Calor sensível: calorimetria**. Disponível em: <http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/caloretemp_atividade.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2005b.

SIAS, D. B. **A aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na física térmica do ensino médio**. 2006. 190 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, W. P. et al. Medida de calor específico e lei de resfriamento de Newton: um refinamento na análise dos dados experimentais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 392-398, out./dez. 2003.

Thornton, R. K. Tools for scientific thinking: microcomputer-based laboratories for physics teaching. **Physics Education, Bristol**, v. 22, n. 4, p. 230-238, July 1987.

TRUMPER, R. The physics laboratory: a historical overview and future perspectives. **Science & Education**, Dordrecht, v. 12, n. 7, p. 645-670, Oct. 2003.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 194 p.