

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS, CAMPUS DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA



Marcelo Luis Aroeira Rosella

CONTEXTUALIZAÇÃO E LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO MÉDIO: AS
CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO PRÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

Bauru
2010

Marcelo Luis Aroeira Rosella

**CONTEXTUALIZAÇÃO E LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO MÉDIO: AS
CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO PRÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/*Campus* de Bauru, como requisito à obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência, sob orientação do Prof. Dr. João José Caluzi.

Bauru
2010

Marcelo Luis Aroeira Rosella

**CONTEXTUALIZAÇÃO E LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO MÉDIO: AS
CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO PRÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências, da Universidade Estadual Paulista, *Campus* de Bauru, para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências.

Banca Examinadora:

Presidente: Prof. Dr. João José Caluzi

Instituição: Universidade Estadual Paulista, (Faculdade de Educação, UNESP-FC).

Titular: Prof^a. Dr.^a Débora Coimbra Martins

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia, (Faculdades Integradas do Pontal).

Titular: Prof^a. Dr.^a Ana Maria de Andrade Caldeira

Instituição: Universidade Estadual Paulista, (Faculdade de Ciências, UNESP-FC).

Titular: Prof. Dr. Marcos Daniel Longhini

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia, (Faculdade de Educação).

Titular: Prof^a. Dr.^a Lizete Maria Orquiza de Carvalho

Instituição: Universidade Estadual Paulista, (Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira).

Bauru, 31 de Maio de 2010.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de conclusão é gratificante poder relembrar o suporte, a ajuda gentilmente oferecida e em momentos tão convenientes, que, sem esse alento, talvez não tivesse feito o que aqui se apresenta. Sei que a melhor forma de agradecer não é direcionando palavras, que muitas vezes não carregam a dimensão do sentimento de gratidão que sinto por essas pessoas, mas seguindo seus exemplos, e estendendo a mão a outros colegas que necessitem de algum tipo apoio.

Agradeço a todos que tornaram possível a realização deste trabalho:

Ao meu orientador Prof. Dr. João José Caluzi, por acreditar em mim e aceitar me orientar, neste trabalho. Especial agradecimento pelo incentivo e por ter me tranquilizado nos momentos mais necessários.

À Prof^a. Dr.^a Ana Maria de Andrade Caldeira pela oportunidade de participar de um projeto no qual desenvolvi meu trabalho, permitiu que eu evoluísse como profissional e como ser humano, agradeço a ela, também pela crítica construtiva e a indicação de caminhos que me fizeram chegar até aqui.

À Prof^a. Dr.^a Débora Coimbra Martins, pela crítica minuciosa e construtiva e pelas correções tão necessárias que tornaram melhor este trabalho e, certamente, pelas futuras intervenções que tornarão melhor os frutos gerados por esse trabalho.

À Prof^a. Dr.^a Lizete Maria Orquiza de Carvalho por revelar as diversas possibilidades e caminhos de desenvolvimento que este trabalho poderia seguir e ajudar na efetivação desta possibilidade.

À minha família, minha esposa Márcia, meu filho Felipe, meus pais Edy e Oswaldo, meus irmãos Luis Henrique e Luis Gustavo e suas famílias, meu sogro e minha sogra Benedito e Therezinha, agradeço pelo incentivo, pelo carinho e compreensão da ausência.

Um especial agradecimento aos Terceiros Anos do Ensino Médio (3ºA e 3ºB) do ano de 2010 do Colégio da Fundação Educacional “Dr. Raul Bauab”, turma especial e distinta, certamente farão deste Mundo um lugar melhor.

ROSELLA, M.L.A. **Contextualização e Laboratório didático no Ensino Médio: As Contribuições do Trabalho Prático no Ensino de Física**. 2010. 194f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2010.

RESUMO

O trabalho que apresentamos está contido num projeto de pesquisa que resultou de uma parceria entre a Escola Estadual, UNESP e FAPESP. O projeto de pesquisa propôs um tema central, este tema se configura numa análise dos impactos da cultura da cana de açúcar e seus subprodutos na região de Jaú (SP) como articulador de todas as disciplinas. Cada disciplina desenvolveu seus conteúdos específicos e o grupo de Ciências da Natureza decidiu por abordar o biocombustível derivado da cana de açúcar. A Física, nesse contexto, abordou a Termodinâmica por estar relacionada ao tema em diversos aspectos como, por exemplo, o fato do álcool combustível ser uma opção menos poluente do que a gasolina e, dessa forma, ajuda a diminuir a emissão de gases que causam o Efeito Estufa. Portanto, neste trabalho, especificamente, os conceitos básicos da Termodinâmica foram abordados sob uma perspectiva interacionista que se utilizou de um início contextualizado e a análise de fenômenos térmicos em laboratório didático, sem que o conceito formal tivesse sido previamente dado. De maneira a propiciarmos a interação entre o aluno e o objeto, ou seja, a ação do sujeito sobre o objeto, ou ambiente, e as repercussões desta ação auxiliando na construção dos conceitos básicos da Termodinâmica. Destarte, objetivamos construir e não transmitir o conhecimento. Os resultados se mostraram animadores e promissores revelando que os trabalhos práticos realizados sob os auspícios da epistemologia interacionista pode não garantir o aprendizado, mas garante avanços apreciáveis e duradouros no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Trabalhos práticos, Termodinâmica e interacionismo.

RÉSUMÉ

Ce travail est inséré dans un projet de recherche qui est fruit d'une association entre l'école publique, l'UNESP (Université de l'État de São Paulo) et la FAPESP (Fundation de Soutien à la Recherche de l'État de São Paulo). Ce projet propose un thème central se présentant comme une analyse des impacts de la culture de la canne-à-sucre et ses sousproduits dans la région de la ville de Jaú (SP), comme une forme d'articuler toutes les matières scolaires. Chaque matière a développé ses contenus spécifiques et le groupe des Sciences de la Nature a décidé d'aborder le biocarburant dérivé de la canne. La Physique, dans ce contexte, a parlé sur la Thermodynamique, pour se rapporter au thème par plusieurs aspects comme, par exemple, l'alcool peut être une option moins polluante que l'essence, et ainsi, diminuer l'effet de serre. Dans ce travail, spécifiquement, les concepts à la base de la Thermodynamique ont été abordés d'une façon interactionniste qui s'est utilisé d'abord des concepts et une analyse des phénomènes thermiques dans le laboratoire didactique, sans que les concepts étaient d'abord abordés. De cette forme, on a propicié l'interaction entre l'élève et l'objet, c'est-à-dire, l'action de cet élève sur cet objet, ou sur l'ambiance, et les effets de cette action. Ainsi, on a eu l'intention de construire et ne pas seulement transmettre la connaissance. Les résultats se montrent favorables et heureux en révélant les travaux pratiques réalisés sous les auspices de l'épistémologie interactionniste ne peuvent pas garantir l'apprentissage, mais ils donnent de bons et durables progrès dans les étapes d'enseignement et de l'apprentissage.

Mots-Clés: Travaux pratiques ; Thermodynamique et interactionnisme.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.

Figura 01. Mapa conceitual dos conteúdos e suas relações.....	72
Figura 02. Alunos respondendo às questões sobre sensações térmicas.....	107
Figura 03. Experimento que demonstra as sensações obtidas através do tato.....	115
Figura 04. Alunos realizando o experimento de sensações térmicas.....	117
Figura 05. Fotos dos alunos realizando o experimento do termoscópio.....	125
Figura 06. Alunos realizando leituras com o termômetro graduado.....	125
Figura 07. Experimento garrafa borbulhante de expansão e contração de gases.....	132
Figura 08. Recorte de jornal dado aos alunos para analisarem.....	140
Figura 09. Termoscópio parecido com o idealizado por Galileo.....	142
Figura 10. Alunos realizando o experimento de capacidade térmica e anotando os dados.....	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Respostas da primeira questão separadas em categorias.....	101
Quadro 02. Respostas da segunda questão agrupadas em ‘Bom’ e ‘Ruim’	104
Quadro 03. Respostas à primeira questão investigativa.....	108
Quadro 04. Respostas à terceira questão investigativa.....	110
Quadro 05. Respostas à quarta questão investigativa.....	111
Quadro 06. Demonstração das conclusões dos relatórios sobre sensações térmicas.....	120
Quadro 07. Conclusões do experimento “garrafa borbulhante”	134
Quadro 08. Respostas dadas à primeira questão.....	141
Quadro 09. Respostas dadas à segunda questão.....	144

GRÁFICOS

Gráfico 01. Gráfico Temperatura x Tempo de um aluno do grupo 2.....	157
Gráfico 02. Gráfico Temperatura x Tempo de um aluno do grupo 4.....	158

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	03
RESUMO.....	04
RÉSUMÉ.....	05
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	06
LISTA DE QUADROS.....	07
GRÁFICOS.....	07
 INTRODUÇÃO.....	 10
 CAPÍTULO I – LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA.....	 15
1. Considerações sobre o Laboratório Didático.....	16
2. Investigando a aprendizagem através de um trabalho prático.....	20
3. Aspectos ideais de uma aula baseada em trabalhos práticos.....	30
4. Aspectos reais de uma aula baseada em trabalhos práticos.....	33
5. Contribuições que os trabalhos práticos investigativos podem trazer para o Ensino de Física.....	42
6. Competências e Habilidades.....	45
 CAPÍTULO II – REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS.....	 54
1. Reflexões epistemológicas: Empirismo, Apriorismo e Interacionismo.....	55
 CAPÍTULO III - O LABORATÓRIO DE FÍSICA COMO INTEGRANTE DE UM PROJETO INTERDISCIPLINAR E CONTEXTUALIZADO.....	 66
1. A elaboração do projeto de pesquisa que avalia os impactos da cultura de cana-de-açúcar e seus subprodutos na região de Jaú.....	67

2. O papel da Física no contexto do projeto.....	73
CAPÍTULO IV – METODOLOGIA DA PESQUISA.....	78
1. Considerações sobre a Pesquisa.....	79
2. A pesquisa qualitativa e as questões.....	84
3. Os instrumentos de coleta.....	86
CAPÍTULO V – AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO LABORATÓRIO.....	93
1. A montagem do laboratório.....	94
2. Os métodos utilizados para os trabalhos práticos e seus resultados.....	98
Efeito Estufa: formas de abordagem.....	105
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	177
REFERÊNCIAS.....	185
ANEXOS.....	189

INTRODUÇÃO.

Em nossa experiência como professores de Física, notamos que os conceitos de Termodinâmica são tópicos de difícil compreensão para os alunos do Ensino Médio. Confusões conceituais comumente encontradas no discurso de pessoas de diversos níveis sociais, mesmo aquelas que possuem diploma de curso superior, consideram que os conceitos de calor e temperatura expressam a mesma idéia, ou ainda que a temperatura seja a medida do calor. Portanto, para um entendimento desses conceitos e sua correta distinção faz-se necessário transcender o macroscópico tão aparente e formador de concepções alternativas, como nos mostra o percurso histórico das idéias. Assim, analisados com mais profundidade, as concepções sobre calor, temperatura e fenômenos térmicos podem adquirir uma outra noção, em nível microscópico (partículas), ou seja, transcender o modelo substancialista comumente encontrado até em alunos do ensino superior e compreender o modelo cinético molecular.

Parece-nos, portanto, fundamental a compreensão, por parte dos alunos, desses conceitos. Para tanto, nos vemos forçados a repensar o ensino e a aprendizagem de tais conceitos reformulando metodologias e apresentando uma maneira alternativa de abordar a Termodinâmica, não mais apenas calcada em métodos enciclopédicos, memorísticos e matematizados, que levam o aluno a substituir o conceito pelas relações matemáticas, ou seja, por uma fórmula simbólica. A partir das atividades desenvolvidas neste trabalho, buscamos uma compreensão de como os fenômenos ocorrem a partir da evolução desses conceitos dentro da Física.

Essa maneira a qual nos referimos pauta-se em atividades que pressupõem o

envolvimento ativo dos alunos, fazendo com que participem do processo de construção do seu próprio conhecimento, seja em sala de aula, com painéis ilustrativos, seja utilizando experimentos como ponto de partida para desenvolver a compreensão de um determinado conceito ou ainda saindo a campo numa visita dirigida. Assim, pretendemos que os alunos deixem uma postura passiva, comumente encontrada nas escolas, e comecem a perceber seu objeto de estudo e atuar sobre ele relacionando-o e utilizando-o em explicações causais.

Essa pesquisa que realizamos está contida em um projeto de pesquisa resultante de uma parceria entre a Escola Estadual “Major Prado” de Jaú, SP, UNESP e FAPESP. O projeto de pesquisa, que contemplava todas as disciplinas, propôs um tema central que se configurou numa análise dos impactos da cultura da cana de açúcar e seus subprodutos na região de Jaú como articulador entre todas as disciplinas escolares da grade curricular. Cada disciplina desenvolveu seus conteúdos específicos com seus procedimentos peculiares como se fossem partes, mas ligadas por um fio condutor entre si e entre o tema central representando o todo, numa ligação dialética. Assim o aprofundamento de cada parte específica melhorou a síntese que os alunos têm do todo, resultando, pretensamente, numa visão da cultura da cana-de-açúcar, seus subprodutos e impactos como síntese de múltiplas determinações.

Essa visão integrada permitiu uma nova dimensão ao tema abordado. A cana-de-açúcar ou seus subprodutos deixam de ser assuntos “da Biologia” ou “da Geografia” e passam a ser algo de todas as disciplinas. Por exemplo, o grupo de Ciências da Natureza decidiu por abordar o biocombustível derivado da cana de açúcar. A Física, nesse contexto, abordou inicialmente o tema Energia¹ e, posteriormente, a Termodinâmica, por estar relacionada ao tema em diversos aspectos como, por exemplo, no fato do álcool combustível ser uma opção menos poluente do que a gasolina e, dessa forma, ajuda a diminuir a emissão

¹ O tema Energia foi abordado pela Física e pela Biologia gerando um trabalho submetido, aceito e

de dióxido de carbono (CO_2), gás que potencializa o Efeito Estufa, agravando o Aquecimento Global.

Apesar dessa articulação com tema do projeto FAPESP/UNESP, ressaltamos que este trabalho não aborda a interdisciplinaridade. Como dissemos, destacamos e analisamos as contribuições que o trabalho prático, envolvendo o trabalho laboratorial e o trabalho experimental, pode promover na aprendizagem significativa de conceitos de Termodinâmica com enfoque no desenvolvimento de conjuntos de habilidades necessárias para se chegar a certas competências, utilizando, para tanto, a sala de aula e o laboratório didático. Por sua vez, SANTOS (2008) e LABARCE (2009) realizaram pesquisas sobre o desenvolvimento interdisciplinar e contextualizado também vinculados ao mesmo projeto inicial.

Foram desenvolvidas seqüências didáticas planejadas a partir das discussões com os professores integrantes do projeto interdisciplinar, que procuraram contextualizar os conceitos físicos a partir do tema gerador, ou seja, o conceito de calor como uma forma de energia.

A preparação das seqüências respeitou a construção interdisciplinar e contextualizada da proposta no projeto de pesquisa FAPESP/UNESP – Melhoria do Ensino Público e na medida em que foram preponderantes para as decisões tomadas nesse trabalho, foram citadas ao longo do texto. A responsável pela coordenação desse projeto é a Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira.

Assim, tendo como ponto de partida a indagação de como poderia propiciar aprendizagem significativa de conceitos da Termodinâmica, escolhemos o laboratório didático como possível facilitador dessa aprendizagem. Dessa forma, objetivamos especificamente:

- Elaborar seqüências didáticas sobre conceitos da Termodinâmica a partir de

ações interdisciplinares e contextualizadas como o tema energia térmica/combustível;

- Propor mapa conceitual como elemento do trabalho interdisciplinar;
- Organizar o laboratório didático para as aulas práticas de Física;
- Ministrar as seqüências didáticas elaboradas e a partir delas, avaliar a aprendizagem conceitual e procedimental dos alunos;
- Avaliar a evolução de aprendizagem a partir do projeto interdisciplinar;
- Tecer considerações sobre o papel do ensino contextualizado e a utilização do laboratório didático no Ensino Médio.

Quanto à apresentação dos resultados contida nessa tese, no primeiro capítulo realizamos uma discussão sobre alguns trabalhos que versam sobre os usos dos trabalhos laboratoriais, discutimos o que nos foi útil e o que não conseguimos corroborar em nosso trabalho específico, e ainda, revelamos uma pesquisa prévia realizada em 2008 com o terceiro ano do ensino médio, da qual apresentamos alguns resultados. Entretanto, ressaltamos que a pesquisa que é foco deste trabalho foi realizada com o segundo ano do ensino médio no ano de 2009 da Escola Estadual “Dr. Major Prado” de Jaú, como conseqüente evolução da pesquisa realizada em 2008, pois foram incorporadas modificações que melhoraram nosso trabalho.

No segundo capítulo, apresentamos uma discussão sobre a epistemologia subjacente às práticas docentes comumente encontradas na realidade das escolas e que dificultam o aprendizado dos alunos. Apoiamo-nos na obra de Fernando Becker (2008) para escrevermos sobre o empirismo, o apriorismo e o interacionismo e, em seguida, para sustentar nossas afirmações e nos posicionarmos com relação à concepção epistemológica que subsidiou nossa prática. Dessa forma, confrontamos nossa prática com a concepção de

que conhecimento não pode ser transmitido, mas construído por interações entre o sujeito/aluno e o objeto/conteúdo em que as ações do sujeito sobre o objeto são entendidas como ações assimiladoras e o retorno dessas ações, sobre o objeto, transformam o sujeito/aluno e se constituem em ações acomodadoras.

Em nosso terceiro capítulo, descrevemos a elaboração do projeto FAPESP/UNESP no qual estamos inseridos, e também nos posicionamos no âmbito desse projeto para delimitar nossa atuação e nossos limites.

O quarto capítulo, por sua vez, revelou o caráter qualitativo de nossa pesquisa e a conveniência da pesquisa qualitativa nos trabalhos práticos que pressupõem um “princípio de abertura” (FLICK, 2004) necessário para que a criatividade natural dos alunos possa fluir e a novidade tenha lugar na relação didático-pedagógica. No entanto, a formulação clara da(s) questão(ões) de pesquisa não implica num obstáculo à criatividade que impede uma certa abertura para resultados não previstos e, possivelmente, surpreendentes, mas pressupõe a elaboração clara da questão de pesquisa como um parâmetro necessário à organização do processo.

No quinto capítulo, demonstramos as atividades realizadas. Iniciamos com a montagem do curso, desde a escolha do tema que iniciou o processo de ensino e aprendizagem até a escolha dos materiais de laboratório que foram utilizados nos trabalhos laboratoriais demonstrativos e investigativos. Em prosseguimento, revelamos os trabalhos práticos realizados em sala de aula, demonstrando sua natureza, descrevendo as atividades aplicadas e os resultados obtidos, categorizando esses resultados e analisando-os.

CAPÍTULO I

LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA

1. Considerações sobre o Laboratório Didático

A proposta de utilizar o laboratório didático no ensino das ciências não é algo recente. Essas atividades começaram a ser incorporadas no currículo nacional de ciências de alguns países, como Inglaterra e Estados Unidos, desde o século XIX (BARBERA & VALDEZ, 1996). De fato, o “Trabalho prático” ocupa lugar de destaque nas pesquisas em Didática das Ciências. Por “Trabalho prático” podemos entender, conforme a distinção proposta por Hodson (1988 *apud* CORREIA & FREIRE, 2009), como um conceito mais generalizado em que se pressupõem o envolvimento ativo dos alunos e “Trabalho laboratorial”, por sua vez envolve as atividades em que se utiliza materiais de laboratório. Por fim, “Trabalho experimental” envolve atividades nas quais as variáveis são controladas e manipuladas. Esse tipo de trabalho pode ser realizado em laboratório, pode ser um trabalho de campo ou, ainda, outra atividade prática.

Os esforços para reformular metodologias e buscar nos trabalhos práticos uma alternativa ao ensino enciclopédico e, com isso, tentar superar a falta de interesse dos alunos

encontra larga tradição e é uma intuição básica dos professores e dos alunos, conforme constatamos em nosso levantamento inicial feito na E. E. Major Prado².

As principais vantagens do trabalho prático que pudemos aferir em nosso processo de ensino e aprendizagem encontram respaldo, principalmente, em CARVALHO (1999) e LABARCE (2009). Dentre as vantagens desse tipo de trabalho podemos citar o maior envolvimento dos alunos e a postura de participação ativa nas práticas que se mostram valorizadas pelos alunos, uma vez que dá maior oportunidade de participação e interação com o objeto de estudo, possibilita a criação de conflitos cognitivos, e, além da aprendizagem dos conteúdos, permite a aprendizagem de atitudes.

No entanto, sabemos que trabalhos práticos demandam maior dedicação por parte do professor, devendo o mesmo pesquisar continuamente assuntos ou temas que façam parte da vida cotidiana e, portanto, que sejam comuns ao professor e ao aluno. Esses assuntos podem ou não estar em evidência, mas devem ter a potencialidade de gerar interesse e ser ponto de partida e, por que não, de chegada também, pois após o processo de ensino e aprendizagem os alunos devem voltar ao tema e entendê-lo de uma maneira científica. Isso exige muito de nós professores, pois é necessário nos atualizarmos constantemente ou corremos o risco de sabermos menos que algum aluno sobre um determinado assunto das atualidades. Não obstante, o professor ainda teria que dedicar um tempo adicional para reunir o material necessário e proceder a montagem prévia dos experimentos, em seguida deverá testá-los e conhecer os resultados possíveis, além de elaborar roteiros e direcionar esforços para garantir que o experimento atenda às intenções educativas segundo as quais foi concebido. Isso em geral é dificultado pela extenuante rotina de trabalho e outras contingências da profissão.

Podemos afirmar, haja vista nossa condição de professores pesquisadores e professores efetivos de escola pública, que esta revolução representada pelos trabalhos

² Ver Capítulo II.

práticos também sempre foi dificultada por fatores externos como falta de instalações e material adequado, excessivo número de alunos, caráter enciclopédico dos currículos, etc.

Muitos projetos incluem trabalhos práticos como, por exemplo, LABARCE (2009), CARVALHO (1999) e OLIVEIRA *et al.* (1998); no entanto, precisamos analisar até que ponto as práticas podem contribuir. Durante a execução de nosso projeto, percebemos que não é o número de práticas realizadas, mas a natureza das mesmas o que importa. Vale ressaltar que, ao longo da realização do experimento, surgem discussões que permitem a interpretação de fenômenos e a elaboração de conceitos de forma dialógica, e que as mesmas são espaços privilegiados para o desencadeamento de processos cognitivos que levam à almejada aprendizagem efetiva dos conceitos.

É freqüente nas investigações com professores em formação a concepção de que o trabalho experimental é uma simples manipulação. Tal concepção culmina na transmissão, por omissão ou ação, de uma visão deformada da ciência, em que basta seguir um método como uma receita e tudo se descobre. Outra metodologia que se deve evitar é a que vigora na maioria das escolas que fazem uso do laboratório, onde os alunos vivenciam práticas laboratoriais que visam corroborar algum conteúdo que já foi estudado de maneira tradicional em sala de aula. Ou seja, as práticas laboratoriais são colocadas no final do processo; assim se o aluno já não entendeu bem o conceito e sua aplicabilidade em sala de aula, será pequena a chance de ele entender esse conceito em um experimento demonstrativo realizado pelo professor, que, ao realizar o dito experimento, simplesmente repete a teoria novamente.

Para evitar o caso exposto anteriormente, defendemos, na evolução das aulas, a apresentação de atividades investigativas em que o trabalho prático e laboratorial são configurados em questões, problemas abertos e experimentos suscitando discussões e revisões dos conceitos de modo espontâneo, cuja reelaboração é direcionada pela

intervenção do professor. Tal procedimento vai ao encontro do referencial teórico adotado segundo o qual o ensino é resultado de um processo de construção compartilhada de significados.

Assim como em Carrascosa *et al.* (2006), evitamos na execução de nosso projeto o caráter de simples receita, a ênfase quase exclusiva na realização de medidas e cálculos. Em nossas práticas, procuramos não omitir aspectos fundamentais da construção de conhecimentos científicos tais como: a discussão e relevância do trabalho a se realizar, o esclarecimento da problemática em que se insere. Explicar os objetivos e a importância de uma dada atividade, assim como as etapas para sua efetivação permite aos estudantes apreenderem uma série de habilidades, competências e atitudes desejáveis para o raciocínio autônomo.

As competências que esperávamos encontrar em nossos alunos são aquelas condizentes com o segundo ano do ensino médio, mas nos deparamos com uma situação bastante precária, pois nossos alunos estavam inseridos num sistema de ensino que se preocupa apenas com o conhecimento final, ou seja, com o produto ou o conteúdo que o aluno deve pretensamente saber e não enfatiza todo o processo para que esse conhecimento seja apropriado e, conforme pudemos aferir, a ênfase apenas no conhecimento final não garantiu que esse produto fosse efetivamente obtido.

De acordo com Caldeira (2005), há uma triangulação entre o perceber - a percepção é o primeiro contato do aluno com o objeto de estudo -, a significação, que se inicia quando ocorrem as relações que os alunos podem fazer com suas próprias concepções, vivências, etc. e, finalmente, a ressignificação, quando se chega ao conhecimento formal. Esse processo se retroalimenta, pois, quando bem percorrido, a ressignificação melhora a significação que, conseqüentemente, melhora a percepção.

Uma investigação com trabalhos práticos engendrados pela nossa equipe pode corroborar o que foi escrito nesses parágrafos anteriores. Trata-se de um trabalho realizado em 2008 com os terceiros anos do Ensino Médio sobre os conceitos básicos da Termodinâmica. Citaremos aqui neste trabalho o referido trabalho realizado em 2008 apenas a título de exemplificação, mas ressaltamos que nosso foco para a análise está nos trabalhos práticos realizados em 2009 com o segundo ano do Ensino Médio, os quais serão detalhados e analisados capítulo IV. No entanto, reiteramos a importância desse relato, pois mostra quão significativos são os trabalhos práticos quando comparados com o ensino tradicional, haja vista que esta turma de terceiro ano de 2008 já havia estudado Física Térmica no segundo ano do E.M. em 2007, mas segundo o professor de Física, que é físico licenciado e efetivo, o estudo se baseou em métodos tradicionais, usando como recursos apenas a lousa e o giz.

2. Investigando a aprendizagem a partir de um trabalho prático.

Em 2008, a Secretaria Estadual de Educação enviou orientações que indicavam os conteúdos que deveriam ser trabalhados nos três anos do Ensino Médio (E. M.), inserido no programa: “São Paulo faz escola”. Essa proposta contemplava uma espécie de livro/revista de atualidades para os terceiros anos do ensino médio, cujo tema era o ‘Aquecimento Global’.

Em uma reunião pedagógica do projeto FAPESP/UNESP, o grupo de Ciências da Natureza da já referida escola em que as atividades foram desenvolvidas, decidiu que a Física iria trabalhar no terceiro ano do ensino médio com os conceitos científicos que

estavam relacionados com o tema, ou seja, os conceitos de temperatura e calor, abordados de uma forma contextualizada e por meio de trabalhos práticos e laboratoriais.

De início, tínhamos uma investigação interessante a fazer, pois os alunos já haviam estudado o conceito de temperatura no 2º ano do ensino médio sem, no entanto, prosseguir no estudo da termodinâmica, fato que já nos dava a possibilidade de comprovar quão significativo foi o ensino ministrado, baseado nos métodos tradicionais, ou seja, o processo de ensino centrado no professor, sem considerar as concepções prévias dos alunos e a participação ativa deles.

Iniciamos o trabalho apresentando o fenômeno ‘Efeito Estufa’ e a problemática do ‘Aquecimento Global’. Requisitamos dos alunos a exposição de suas concepções acerca do tema. Constatamos que, apesar da divulgação do fenômeno e de seu esclarecimento por parte da mídia, vários alunos classificaram o fenômeno como prejudicial e provocado pelo homem, pela intervenção humana no meio. Em seguida, com material apropriado (banners e o material enviado pelo governo) passamos a explorar o assunto sem, no entanto, abordar os conceitos científicos concernentes ao tema, ação que se realizaria como próximo passo, sempre apresentando situações problemáticas abertas, favorecendo a reflexão dos estudantes sobre a relevância e, dessa forma, possibilitar o interesse pela situação proposta.

Vale ressaltar que iniciar o trabalho de conceitos científicos através da abordagem de fenômenos cotidianos ou naturais que fazem parte da prática social ou que aparecem na mídia tem um potencial de interessar e atrair a atenção dos alunos, o que contribui para uma aprendizagem significativa. Isso ficou claro nos dias seguintes à aula, pois os alunos nos viam e exclamavam: “*oba*, hoje tem palestra.” Na verdade não havia sido uma ‘palestra’, pois inicialmente requisitamos as concepções dos alunos sobre o efeito estufa e aquecimento global, e após discutimos o fenômeno buscando a interação e

evitando o monólogo. Certamente essa estratégia, aliada à atualidade e destaque do tema, tornou o assunto mais interessante.

Para investigar quão significativo foi o ensino ministrado pela disciplina de Física em 2007, baseado nos métodos tradicionais, preparamos um questionário investigativo com questões abertas sobre o conceito de temperatura e sensações térmicas levado à sala de aula em maio de 2008. Pedimos, então, aos alunos que escrevessem suas concepções e, depois de entregues, solicitamos dos alunos a exposição dessas concepções. Nosso papel foi apenas aquele de dar situações cotidianas para que os alunos pensassem e depois expusessem suas conclusões. Essa atividade teve como proposta permanecer

O resultado justificou mais uma vez a necessidade de se promover um processo de ensino e aprendizagem que envolvesse o aluno, que o motivasse e solicitasse sua participação, haja vista que a maior parte dos alunos não havia entendido a matéria e não a relacionavam com seu dia-a-dia. A propósito as questões eram:

- 1) Três colheres iguais, de materiais diferentes (plástico, alumínio e madeira) são colocadas em cima de uma mesa, após um período de tempo, você toca as colheres e, ao tocá-las, você terá a mesma sensação? Qual apresentaria uma sensação de frio? Por que?
- 2) As medidas de temperatura a partir de sensações, como o tato (toque de sua mão com o objeto, por exemplo) são confiáveis?
- 3) (ENEM) Uma garrafa de vidro e uma lata de alumínio, cada uma contendo 330 ml de refrigerante, são mantidas em um refrigerador pelo mesmo longo período de tempo. Ao retirá-las do refrigerador com as mãos desprotegidas, tem-se a sensação de que a lata está mais fria que a garrafa.

É correto afirmar que:

A) A lata está realmente mais fria, pois a capacidade calorífica da garrafa é maior que a da lata.

B) A lata está de fato menos fria que a garrafa, pois o vidro possui condutividade menor que o alumínio.

C) A garrafa e a lata estão à mesma temperatura, possuem a mesma condutividade térmica, e a sensação deve-se à diferença nos calores específicos.

D) A garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do alumínio ser maior que a do vidro.

E) A garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do vidro ser maior que a do alumínio.

4) Quando uma enfermeira coloca um termômetro cilíndrico de mercúrio sob a língua de um paciente, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a leitura. Considerando o corpo do paciente, aquecido e o termômetro inicialmente frio, em relação ao paciente. Explique porque esse intervalo de tempo é necessário.

5) A esterilização de instrumentos cirúrgicos que antes era feita em banho de vapor hoje é feita em estufas apropriadas. Por que não é possível esterilizar um termômetro clínico da mesma maneira? Que método você proporia para fazê-lo?

Destacamos algumas questões para ilustrar o que dissemos a respeito do enfoque no conhecimento final do conteúdo sem a devida atenção com o processo de ensino e aprendizagem. Começamos pela segunda questão. Essa questão é sobre a confiabilidade do tato nas medidas de temperatura e mais de 60% dos alunos responderam que são confiáveis as medidas feitas pelo toque da mão com um objeto. No entanto, a ineficiência do corpo na aferição de temperaturas ficará clara, como foi investigado pelos

próprios alunos em experimento simples realizado no laboratório e em situações cotidianas que levamos para que os alunos refletissem. Para evitar a redundância não descreveremos os experimentos aqui, pois foram os mesmos que aplicamos no ano seguinte, com os segundos anos do ensino médio de 2009 e que está descrito no capítulo IV deste trabalho.

A questão número 4 trata de uma situação que os alunos muito provavelmente já vivenciaram e, por fazer parte de uma experiência vivenciada por eles, as respostas se aproximaram daquilo que pretendíamos, ou seja, o tempo de espera é necessário para o termômetro igualar sua temperatura à temperatura do corpo na tendência universal ao equilíbrio térmico, Lei Zero da Termodinâmica, porém em nenhuma resposta surgiu o termo “equilíbrio térmico”, mas 79,4% davam a idéia de que o termômetro teria que ficar em contato com o corpo por algum tempo para poder chegar na temperatura desse corpo.

A questão número 5 exigia um conhecimento mais científico. Nessa questão apenas 11% das respostas afirmavam que o mercúrio (substância termométrica do termômetro clínico) iria dilatar muito, enquanto 37% afirmavam que o termômetro ‘estouraria’ sem, no entanto, explicar por quê. Alguns incluíam o fato de o termômetro ser de vidro e por isso não agüentaria o ‘calor’, ou apenas: “Por que o calor do termômetro aumentaria fazendo quebrar”. Outros ainda diziam apenas: “não sei” e propunham para esterilizar: usar álcool e, ainda: “ponhar o termômetro em banho-maria”.

Esses resultados mostram claramente que uma abordagem diferente precisava ser adotada, pois foram obtidos de alunos que cursavam o terceiro ano do ensino médio e que, pretensamente, deveriam conhecer os princípios básicos da termodinâmica, ao menos esperaríamos que a maior parte respondesse que o tato humano não é preciso na medição de temperaturas, pois isso é fundamental, haja vista que as sensações térmicas estão, também, relacionadas à condutibilidade dos materiais que tocamos. Assim, se transferimos mais calor por unidade de tempo para um determinado material, por exemplo, o metal ou

para o azulejo, do que para outro, por exemplo, a madeira ou o tapete/carpete, teremos uma sensação de frio no metal e no azulejo, mesmo que estes estejam na mesma temperatura que a madeira, lã ou carpete.

Nossas ações fundamentaram-se no princípio de que um aprendizado significativo dos conceitos termodinâmicos requer a participação efetiva dos alunos na (re)construção desses conceitos que foram transmitidos a eles já elaborados.

os estudantes desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais acerca da natureza das ciências quando participam em investigações científicas, em que haja suficiente oportunidade e apoio para reflexão. (HUDSON, 1992, apud CARVALHO et. al., 1999, p.10).

Procuramos também, conforme veremos no próximo tópico³, potencializar análises qualitativas que ajudem a entender as situações apresentadas (a luz dos conhecimentos disponíveis), formular perguntas sobre o que se busca. Fundamentamos a formulação de hipóteses e explicitamos as concepções prévias dos alunos sempre concedendo toda a importância para a elaboração da atividade prática, analisando os resultados e chegando às conclusões. Também consideramos as possíveis perspectivas (recolocação do estudo com outro nível de complexidade, problemas derivados, etc.) e contemplamos as possíveis implicações no ambiente. Por fim, concedemos especial importância à elaboração de um relatório que refletisse o trabalho realizado.

Apesar de procurarmos potencializar análises e fundamentar a formulação de hipóteses, os alunos não respondiam muito bem às nossas solicitações, pois encontravam dificuldades, muitas vezes, em entender o problema colocado ou o que deveriam fazer para investigar determinado problema. Isso se deve ao fato desses alunos não terem sido expostos a trabalhos práticos durante sua vida escolar, ou seja, processos de ensino e

³ Ver tópico 3. Aspectos ideais de uma aula baseada em trabalhos práticos.

aprendizagem que os envolvam e solicite sua participação. No entanto, nesse contexto devemos nos esforçar para conseguir desenvolver habilidades que já deveriam estar desenvolvidas e conseguir a aprendizagem, pelo menos, dos conceitos básicos, mas que seja uma aprendizagem significativa, que faça o aluno estabelecer relações e chegar ao conhecimento formal desses conceitos básicos.

Conforme prosseguimos em nossos trabalhos práticos e laboratoriais, formalizamos a Teoria Cinético-Molecular na explicação dos fenômenos térmicos de aquecimento e resfriamento, expansão e contração de uma substância, ou seja, fechamos esse ciclo solicitando dos alunos a explicação das variantes macroscópicas e microscópicas do aquecimento de uma substância e concluindo que a temperatura é uma medida indireta do grau de agitação médio das partículas que constitui um corpo.

Em seguida, ocorreu o recesso escolar. Ao retornarmos do mesmo elaboramos, em agosto, um questionário para averiguar se as práticas realizadas em maio e no início de junho haviam cumprido aquilo que esperávamos dela, ou seja, se eles tinham aprendido de fato. Nesse momento, caso esses conceitos não tivessem sido aprendidos de maneira significativa, teríamos os mesmos resultados que tivemos quando investigamos se eles tinham aprendido os conceitos estudados de maneira tradicional no ano anterior.

Na primeira questão, pedimos uma análise das seguintes proposições, se eram verdadeiras ou falsas:

I – Uma pessoa sente frio quando perde calor rapidamente para o meio ambiente.

II – Quando tocamos em uma peça de metal e em um pedaço de madeira, ambos à mesma temperatura, o metal nos dá a sensação de estar mais frio do que a madeira porque, sendo o metal melhor condutor térmico do que a madeira haverá uma menor transferência de calor de nossa mão para a

peça metálica do que para o pedaço de madeira.

Resultado dessa questão:

De trinta alunos que participaram da pesquisa, obtivemos 100% das respostas corretas, ou seja, a proposição I está correta; na segunda proposição, 77% responderam corretamente, talvez a porcentagem de acertos não tenha sido maior por dificuldades na interpretação da proposição II, mas esse resultado demonstra a eficiência da experimentação no ensino de ciências, pois o experimento das sensações térmicas foi significativo e deixou uma impressão que não foi esquecida, haja vista o dois meses incluindo o mês de férias que separaram o trabalho laboratorial investigativo e o questionário.

A questão seguinte era: 2) “É comum um copo ficar preso dentro do outro. Como você poderia soltá-los raciocinando termodinamicamente? Explique.

Esta questão exige que o aluno faça uma relação entre o conhecimento construído com auxílio dos experimentos de expansão e contração de substâncias (garrafa borbulhante e termoscópio) e essa situação apresentada. Sabemos que o aluno demonstra que aprendeu quando estabelece relações entre o conhecimento científico e diversas situações cotidianas, ou não. Constatamos que 70% das respostas sugeriam o aquecimento do copo para dilatá-lo e assim facilitar a soltura.

Também obtivemos 70% de respostas corretas, alternativa ‘e’, na seguinte questão do ENEM:

3) (ENEM) A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina. Para diminuir os efeitos práticos dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques não fossem subterrâneos:

Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia, pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.

Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.

Se a gasolina fosse vendida por quilograma em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente:

I é correta.

II é correta.

III é correta.

I e II são corretas.

II e III são corretas.

Como apresentado, antes das práticas 60% dos alunos consideravam o tato confiável, mesmo já tendo estudado termometria no ano anterior. Após aplicarmos os trabalhos laboratoriais, a porcentagem de alunos que concebiam as sensações térmicas como algo relacionado à condutibilidade térmica dos materiais havia subido substancialmente. Assim, como a falta da compreensão inicial de que substâncias aquecidas expandem-se devido à maior agitação cinético-molecular que tinha resultado em apenas 11% de respostas corretas - na questão 5 do primeiro questionário no qual os alunos deveriam explicar por que um termômetro não poderia ser esterilizado numa estufa -; após os trabalhos laboratoriais o índice de respostas corretas subiu para 70% nas questões 2 e 3 sobre o copo preso e sobre as desvantagens de se vender gasolina por litro. Essas questões também trabalham a noção de expansão de substâncias aquecidas.

Esses resultados sinalizam o potencial de trabalhos práticos voltados para o ciclo percepção, significação e ressignificação conforme havia pressuposto Caldeira (2005). Lembramos que esses resultados foram obtidos numa classe que, segundo os próprios alunos,

nunca havia participado de trabalhos práticos ou, mais especificamente, trabalhos laboratoriais nas aulas de Ciências. Podemos citar o trabalho realizado por RIBEIRO (2001) sobre o papel do professor no laboratório de Física básica. O trabalho foi realizado dentro do método investigativo proposto por Gil Perez e demonstra as diferenças entre o método tradicional de ensino em laboratório e o método investigativo.

No método tradicional, de acordo com RIBEIRO (2001), não se faz questões prévias ou discussões sobre o que se vai experimentar; o roteiro é bem estabelecido e os passos devem ser obedecidos rigorosamente e de maneira individual pelos alunos. No método investigativo, apresentado pelo autor, os alunos são questionados previamente sobre o conceito a ser trabalhado, no caso sobre a força de atrito. Em seguida, se faz o levantamento das representações que emergiram no questionamento prévio e a seqüência de experimentos é proposta em função das representações preexistentes, de maneira que os alunos participem da realização dos experimentos e encontrem explicações para os resultados obtidos.

Vivenciamos, também, a expectativa dos alunos, o interesse que essa metodologia despertou neles e, isso deve incentivar-nos como professor, por se tratar de alunos de uma escola pública que estudam de manhã e, vários deles, trabalham à tarde para complementar a renda de suas famílias.

Diante da pesquisa realizada, fica evidente que um ensino investigativo pressupõe a mudança de postura do aluno com relação ao conhecimento, mas também do professor que, mais que conhecer a matéria que se está ensinando, deve tornar-se um professor questionador, que argumente e saiba conduzir respostas, estimular e propor desafios. Além disso, estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as idéias são respeitadas.

3. Os aspectos que consideramos ideais de uma aula baseada em trabalhos práticos.

Em Carrascosa *et al.* (2006), encontramos reflexões sobre o papel da atividade experimental no ensino de Ciências, ou seja, das práticas de laboratório como investigação. Nesse trabalho há uma proposta de sequência didática cuja pretensão é se tornar investigativa e deixar de ser puramente experimental. Para tanto, os autores nos fornecem um conjunto de aspectos que devem constar numa atividade investigativa, aspectos pertinentes e que nos foram de grande valia. Consideramos que seria ideal se todos os passos metodológicos fossem contemplados, mas conforme já apontamos, nossos alunos, mesmo cursando o segundo ano do ensino médio, ainda não haviam passado por um ensino que os envolvesse em trabalhos práticos e isso nos obrigou a um trabalho de base. A propósito, conforme Carrascosa *et al.* (2006), esses passos metodológicos são:

- 1) Apresentar situações problemáticas abertas: com nível de dificuldade adequado para que os estudantes possam tomar decisões para precisá-las e transformá-las de situações problemáticas abertas em problemas precisos.

De acordo com Carvalho *et al.* (1999):

Os problemas abertos são situações gerais que são apresentadas aos grupos ou à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a situação apresentada. De forma diferente das questões abertas, que abrangem apenas os conceitos, o problema aberto deve levar à matematização dos resultados (CARVALHO *et. al.*, 1999).

- 2) Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância do conteúdo proposto e, dessa forma, possibilitar o interesse pela situação proposta, se possível, incluir as implicações entre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS&A).
- 3) Potencializar análises qualitativas que ajudem a entender as situações

apresentadas (sob a luz dos conhecimentos disponíveis), formular perguntas operativas sobre o que se busca, procurando sair do operativismo puro sem negar o papel da matemática como instrumento de investigação.

4) Fundamentar a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica e explicitar as concepções prévias dos alunos.

5) Conceder toda a importância para a elaboração da atividade prática, questionar se os alunos têm alguma idéia de como poderíamos investigar o problema proposto. Esta fase favorece uma visão da atividade científica e técnica.

6) Analisar os resultados e interpretá-los sob a luz dos conhecimentos disponíveis e das hipóteses preestabelecidas, além dos resultados apresentados por outros grupos de alunos. Favorecer, de acordo com os resultados obtidos, a autoregulação dos trabalhos dos alunos e, se necessário, revisar o projeto e a elaboração do experimento. Nesse momento devemos dar atenção aos conflitos cognitivos entre os resultados e as concepções iniciais.

7) Considerar as possíveis perspectivas (recolocação do estudo com outro nível de complexidade, problemas derivados, etc.) e contemplar as possíveis implicações CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente).

8) Proceder a um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado a uma construção de um corpo coerente de conhecimentos, assim como possíveis implicações em outros campos do conhecimento.

9) Conceder especial importância à elaboração de um relatório que reflète o trabalho realizado.

10) Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico, organizando equipes de trabalhos e facilitando a interação entre cada equipe.

Temos plena convicção de que esses passos metodológicos são bastante

convenientes e levar os alunos a percorrer cada um deles é um objetivo que devemos atingir, por isso, cabe ao professor adaptar a sequência proposta à sua realidade, deliberando, em cada passo, qual a melhor forma de trabalhar, os experimentos que realizaremos e as questões que levaremos para problematizar determinado conceito. Após decidirmos esses passos, devemos partir para a ação e desenvolver nos alunos o conjunto de habilidades e competências específicas para este nível de ensino.

Acreditamos que, para atingir esses objetivos, os alunos deveriam ser expostos desde cedo, ou seja, nas primeiras séries do ensino fundamental, a um processo de ensino e aprendizagem que os envolvesse em atividades práticas, favorecendo a reflexão e levando-os a sempre estabelecer relações entre aquilo que estudam e o contexto social, familiar, ambiental, etc.

Existem trabalhos que deveriam ser analisados detalhadamente e se tornar modelos para o desenvolvimento de outros trabalhos semelhantes e serem levados às salas de aula das primeiras séries do ensino fundamental, nos referimos, mais especificamente, à série **Física no Ensino Fundamental**, constituída de quinze vídeos planejados e produzidos pelo Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP (LaPEF). Essa série destina-se a divulgar o trabalho realizado pelo LaPEF que criou experiências para aulas de Ciências nas primeiras séries do ensino fundamental. Os vídeos mostram como desenvolvê-las em classe com diversas intervenções dos pesquisadores que discutem a metodologia adequada e cujo objetivo é elaborar situações e chegar a condições para que os alunos compreendam os fenômenos físicos que cada vídeo aborda.

Retratam como os alunos conseguem resolver os problemas chegando até a construção das explicações dos fenômenos. Outros aspectos da relação ensino/aprendizagem são detalhados: o papel do professor; o trabalho dos alunos nos grupos, a construção das hipóteses na resolução dos problemas, a forma como os alunos registram o que aprenderam e a relação do exercício com o cotidiano.

Os vídeos foram gravados em escolas públicas de realidades sociais diversas da Grande São Paulo. (LaPEF, Faculdade de educação, USP)

Com essas obras devidamente analisadas, adaptadas e efetivamente chegando às salas de aula do ensino fundamental, teremos uma grande chance da sequência proposta por Carrascosa et. al. (2006) ser plenamente satisfeita no ensino médio e nos anos iniciais do ensino superior.

4. Aspectos reais de uma aula baseada em trabalhos práticos

O cotidiano escolar atual não compreende de forma integrada, sistematizada os trabalhos práticos, **nos quais** o aluno participe ativamente da construção de seu próprio conhecimento. As aulas não são planejadas de uma maneira em que se dê um sentido prático para o conhecimento, em que se mostre a finalidade daquele conteúdo que está sendo abordado, suas relações e as possibilidades de aplicação.

Trabalhos com essa orientação são implantados esporadicamente, ou seja, quando pesquisadores em ensino de Ciências (mestrandos ou doutorandos) elaboram seu projeto de pesquisa desenvolvido em um programa de pós-graduação sob orientação de professores qualificados e experientes vinculados a esse programa e, então, esses pesquisadores escolhem uma unidade escolar para aplicarem seus projetos de pesquisa e realizarem seus estudos de campo. Então, aquelas turmas específicas daquele ano específico escolhida por esses pesquisadores foram privilegiadas com um trabalho cuidadoso, estruturado e conduzido por esse pesquisador (ou pesquisadores) e seus orientadores, mas, terminado o projeto, colhe-se os resultados e nos anos seguintes, com as turmas seguintes

não há integração pelo corpo docente fixo da unidade escolar e dos conhecimentos adquiridos com aquele determinado projeto. Obviamente, existem raras exceções em que professores compromissados incorporam aqueles conhecimentos e, efetivamente, melhoram sua prática de ensino.

Para ilustrarmos essa realidade, podemos citar o programa de enriquecimento curricular implantado pela Secretaria Estadual de Educação em 2005, programa no qual se podia inscrever projetos de ensino que seriam analisados e, se aprovados, receberiam recursos financeiros para a compra dos materiais necessários para seu desenvolvimento. Naquela ocasião, trabalhávamos numa unidade escolar e propomos o projeto: “*O Efeito Estufa como síntese de múltiplas determinações*”. Esse projeto direcionado para o segundo ano do ensino médio diurno e noturno foi aprovado pela Secretaria Estadual de Educação. Como o próprio nome sugere, o projeto envolveu quase toda a equipe docente da unidade escolar em questão: a disciplina de História trabalhou as revoluções industriais, pois entendemos que nesse momento histórico estava o início da poluição sistemática de nossa atmosfera. A Química abordou os gases componentes da atmosfera e as características desses gases, como por exemplo, sua configuração e a geometria molecular que faz com que determinados gases interajam com o calor, devolvendo-o à atmosfera. A Física, com praticamente toda a termodinâmica prevista para essa série, a Biologia trabalhando a fotossíntese e sua importância na absorção de uma parte do carbono atmosférico e os impactos do aquecimento nos seres vivos. A Geografia com o estudo do clima, das monções e das regiões suscetíveis a eventos climáticos extremos e assim por diante com cada disciplina dando sua contribuição para a compreensão do tema.

No final do ano, os alunos fizeram uma exposição na escola com experimentos de Física e Química, mapas, cartazes, etc. Houve grande envolvimento da comunidade: os

pais, a pessoas da comunidade sem relação direta com a escola e até a dirigente regional de ensino compareceram. No entanto, no ano seguinte, não conseguimos voltar como professores a essa unidade escolar. Entretanto, ao visitá-la percebemos que os professores, sobretudo da área de Ciências da Natureza, sendo que alguns professores haviam ingressado no ano seguinte à aplicação do projeto, trabalhavam da forma tradicional seguindo o livro didático e não se ouvia mais falar do tema abordado no ano anterior: os novos alunos não teriam a oportunidade de conhecer o fenômeno Efeito Estufa de maneira integrada.

Como esse, existem outros projetos que produzem resultados fantásticos, mas não são integrados ao cotidiano escolar das escolas da rede pública, o que deveria ser regra, torna-se exceção.

Quanto à nossa atuação no projeto FAPESP/UNESP, levado à sala de aula do segundo ano do ensino médio em 2009, nós podemos dizer que, apesar de nossos alunos não estarem acostumados a uma aprendizagem que faça sentido para eles no seu dia-a-dia, os passos metodológicos foram úteis, pois, iniciamos, como veremos no capítulo IV, nossa prática pedagógica com a mesma situação problemática que havíamos apresentado em 2008 com a turma de terceiro ano do ensino médio, e que relatamos no item 2 deste capítulo: *O Efeito Estufa e a problemática do Aquecimento Global*.

De início, questionamos os alunos sobre esse tema tão presente nos meios de comunicação e obtivemos respostas que apresentaremos no capítulo supracitado. Em seguida, procuramos refletir suas causas e efeitos e de uma maneira geral os alunos sabem que a situação problema está ligada à poluição, às ações humanas e ao desrespeito do homem pelo seu ambiente. Imaginamos que essa noção se deve a intensa veiculação, sobretudo em anos mais recentes, dos problemas ambientais, pois nas reuniões prévias com professores de outras áreas tomamos conhecimento de que nenhum professor havia

abordado o tema.

Podemos adiantar que a situação problema inicialmente proposta, assim como havia acontecido no ano anterior, causou certo impacto nos alunos, pois eles se mantiveram atentos. Percebemos com isso que, ao partirmos de uma problematização inicial, favorecemos a reflexão dos estudantes sobre a relevância da situação proposta e, dessa forma, demos um sentido aos estudos posteriores já observando as implicações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, pois os temas escolhidos, Efeito Estufa e Aquecimento Global, já permitem, ao menos intuitivamente, inferir essas relações. No entanto, os problemas com a seqüência didática começam quando buscamos potencializar análises qualitativas que ajudassem a compreender a situação apresentada, mesmo quando partirmos para os trabalhos práticos laboratoriais para desvelar os conceitos básicos da Termodinâmica, ou seja, para o entendimento do conceito de temperatura e calor, percebemos que a capacidade de análise e de formular perguntas sobre o que se busca dos alunos, no estágio atual, é bem baixa.

Apesar de termos partido de um macro problema, o efeito estufa e o aquecimento global, toda vez que iniciávamos um trabalho laboratorial específico para construirmos um conceito, por exemplo, sensações térmicas, temperatura, capacidade térmica, calor, etc. sempre partíamos de um problema, de uma situação cotidiana com a qual os alunos pudessem se identificar. A partir desse ponto, colocávamos questões para identificar as concepções que os alunos tinham sobre aquele determinado conceito. Essas concepções podiam ser de senso comum, ou seja, concepções vigentes no meio social ou mesmo intuitivas geradas por idéias espontâneas (*insight*) que lhes ocorressem naquele momento. Dessa forma, podíamos desenvolver a habilidade da argumentação e evoluir até a elaboração do conceito que estava envolvido naquelas situações problema e no experimento.

Podemos pensar que os alunos estivessem distraídos com a atenção em outras coisas ou objetos como, infelizmente, é muito comum encontrarmos aparelhos de celular de MP-3, etc nas salas de aula, mas como éramos dois professores na mesma sala, conseguimos controlar bem essas possibilidades de “fuga”, mesmo porque observávamos as expressões dos alunos e percebíamos que estavam atentos e na expectativa de que dêssemos a eles uma resposta pronta, pois é assim que havia ocorrido durante toda a trajetória escolar desses alunos. No entanto, pudemos aferir o interesse geral, uma vez que, nos dias seguintes à aula inicial em que apresentamos e tentamos discutir o tema, os alunos nos viam pelo corredor e exclamavam:

- *oba*, hoje tem palestra de novo, não é professor?

- que aula o senhor vai na nossa sala?

Isso nos dava a segurança que uma aula com outros recursos pode despertar o interesse dos alunos, pois havíamos levado diversos painéis para apresentar e ilustrar o nosso tema. Mas, voltando à questão da sequência didática proposta por Carrascosa *et. al.* (2006), os problemas começaram com as análises qualitativas, a formulação de perguntas, também com a emissão de hipóteses. Havia grande dificuldade de se expressar e o silêncio era contundente. Diante disso, precisávamos constantemente encorajá-los a se expressar, muitas vezes, as respostas obtidas eram muito aquém daquilo que esperávamos e isso não significava desinteresse. Um exemplo que corrobora esse interesse é o fato de que, diversas vezes, antes de começar a aula, alunos que não iriam entrar na escola e caminhavam em sentido contrário ao do portão de entrada da escola, quando nos viam perguntavam se teria aula de laboratório e recebendo uma resposta positiva, davam meia volta e entravam na escola novamente. Essa importância do laboratório didático na motivação foi observada e registrada por Labarce (2009).

É preciso ressaltar que o uso do laboratório foi de extrema importância na realização dessa atividade, pois os alunos se sentiram motivados e à vontade para participar.... O diálogo a seguir é parte da interação professor/aluno que evidencia isso:

A: a dona vai vir sempre?

P: sim, eu venho.

A: traz a gente no laboratório mais vezes. É mais legal, passa mais rápido... (LABARCE, 2009, p.93-94).

“É *legal*, passa mais rápido”. Percebemos, também, em nossa prática que a noção temporal ficava afetada, ou seja, o razoável envolvimento dos alunos com os experimentos os fazia perderem noção do tempo que decorre, algo muito diferente de uma aula tradicional em que os alunos ficam contando os minutos para se verem livres e poder ir embora. A observação desse aspecto, a nosso ver, consagra as aulas práticas. No entanto, existe a possibilidade de suscitarem interesse simplesmente por serem atividades diferentes das aulas tradicionais. De qualquer forma, constituem em um avanço, mas ainda não garante aqueles aspectos ideais em uma prática de laboratório, ou seja, momentos em que o aluno emitiria hipóteses e também elaboraria projetos e analisaria os resultados, respectivamente, passos 4, 5 e 6 da sequência didática proposta por Carrascosa *et. al.* (2006). Porém, esses passos quase não podiam ser observados, ou seja, esses aspectos dificilmente emergia dos nossos alunos.

Encontramos respaldo nos trabalhos de Arruda *et al* (2001) em que os autores analisam exemplos de atividades experimentais realizadas em laboratórios didáticos. Com efeito, notaram que os alunos do ensino médio e mesmo alunos universitários iniciantes não chegam a entender a situação problema experimental proposta, necessitando que o professor esclareça e trabalhe suas dúvidas pouco a pouco para, enfim, compreenderem o que está por trás da atividade. Concordamos com os autores quando dizem que esse esclarecimento seria praticamente impossível sem a intervenção do professor que, acrescentamos aqui,

pretensamente deveria conhecer as concepções prévias ou de senso comum frequentemente presentes nos alunos, haja vista os trabalhos publicados sobre concepções prévias que os alunos têm sobre diversos assuntos do conhecimento científico.

Percebemos esse fato em nossa prática sobre equilíbrio térmico e sensações térmicas (descrita em detalhes no cap. IV), pois tivemos que evocar diversos exemplos cotidianos, apresentado grande familiaridade com o dia-a-dia dos alunos para embasarmos a atividade laboratorial que se seguiria. Mesmo durante a execução da prática precisávamos continuamente questionar alguns alunos, fazendo-os refletir um pouco mais, pois ainda não haviam compreendido a investigação da atividade proposta. Por outro lado, a proposta não deixava de ser simples e não deveria constituir-se num entrave para alunos de um segundo ano de ensino médio, que no ano seguinte deveriam estar aptos a realizar o Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM). Isso, como já apontamos, se deve a uma falha nos processos de ensino e aprendizagem que desde o ensino fundamental e médio não envolve o aluno em atividades contextualizadas e significativas, lembrando que trabalho prático é aquele em que o aluno participa ativamente. Constatamos que a deficiência é geral, pois até o vocabulário é sofrível.

Em seguida, continuando a pesquisa do trabalho de Arruda *et al* (2001), constatamos que estes julgam muito improvável que os alunos do ensino médio, sobretudo nesse contexto educacional em que vivemos, possam elaborar hipóteses para explicar resultados experimentais:

Em segundo lugar, é muito improvável que os estudantes, principalmente do ensino médio, consigam elaborar hipóteses explicativas interessantes para uma dada situação experimental, ou que, dedutivamente, consigam dar conta satisfatoriamente de uma anomalia. Quase sempre, caberá ao professor apontar as soluções e oferecer as saídas que tornarão a atividade experimental dotada de sentido e interessante aos estudantes (ARRUDA, et al. 2001).

Verificamos a plausibilidade destes julgamentos em nossos trabalhos laboratoriais ao realizarmos um experimento de expansão e contração de uma substância (ar atmosférico contido numa garrafa) conhecida como “garrafa borbulhante”. A propósito, esse experimento foi demonstrativo e realizado pelo professor, mas não deixou de ser investigativo, pois ao realizarmos o experimento demonstrativo, mesmo durante a execução do experimento questionávamos os alunos sobre o que estava sendo observado e pedíamos uma explicação sobre o que estava ocorrendo macroscopicamente, que era algo relativamente simples, pois era aparente.

O entrave ocorria no momento em que pedíamos para que os alunos elaborassem hipóteses sobre o que ocorria a nível microscópico, algo que exige maior abstração. Os alunos, que haviam estudado a concepção atômica da matéria de maneira tradicional e concebiam um corpo constituído por átomos e o movimento dos elétrons, mas não chegavam a uma resposta, pois não era algo bem fundamentado para eles.

Após diversas intervenções do professor, lembrando aos alunos da existência de átomos, pudemos continuar a discussão e reflexão sobre o experimento para finalmente podermos formalizar as explicações dadas ao fenômeno.

Essas reflexões e discussões, mesmo com toda a dificuldade e carência dos alunos do ensino público, se tornaram um instrumento riquíssimo do processo de ensino e aprendizagem e, para potencializar os efeitos positivos ao final dessa e de todas as práticas, pedíamos para os alunos descreverem, por via escrita, os procedimentos; e na conclusão, pedíamos para descreverem suas observações que permitiram chegar às conclusões, mesmo com dificuldades para dissertar sobre situações relacionadas à Ciência.

Em um recente trabalho, CORREIA & FREIRE (2009) consideram que as demonstrações, assim como as verificações, constituem-se de atividades fechadas, com alto

nível de estruturação. São atividades em que o professor realiza a experiência, descreve as observações e domina sem diálogo todo o processo, cabendo ao aluno a observação, o relato e a resolução dos exercícios relacionados com aquilo que puderam observar. De fato, concordamos que essa forma de ensino está centrada no professor e identifica-se com o ensino tradicional, mas, em nossas práticas algumas das atividades foram demonstrativas e podem ser classificadas como investigativas, pois, apesar de terem sido realizadas pelo professor, foi solicitado aos alunos participar da observação, expondo suas idéias sobre o que estava ocorrendo, procurando entender o que tinha acontecido, formulando hipóteses, por mais simples que fossem as explicações já eram um avanço e denunciava um exercício de raciocínio que se iniciava tardiamente na vida escolar dos mesmos, mas que constituía uma conquista.

Com relação às atividades investigativas:

As actividades laboratoriais mais abertas, denominadas actividades de investigação, que têm por base o modelo de resolução de problemas são enaltecidas nos *National Science Education Standards* (NRC, 1996) porque proporcionam aos seus alunos uma exposição directa a experiências e reforçam a natureza investigativa da ciência (CORREIA & FREIRE, 2009, p. 5).

Consta ainda que o aluno se torne o protagonista e, com isso, estará mais motivado, pois essas atividades estão centradas no aluno e permitem desenvolver diversas competências fundamentais para ser mais autônomo. Ao professor cabe o papel de facilitador fornecendo os meios adequados à sua aprendizagem.

5. Contribuições que os trabalhos práticos investigativos podem trazer para o ensino de Física

Na realização de trabalhos laboratoriais o que podemos destacar, de início, é a atitude positiva geral dos alunos, houve até uma situação numa prática com alunos do 3º ano do ensino médio, na qual dividimos a classe em duas turmas, enquanto uma turma ia ao laboratório a outra ficava em sala com o professor efetivo da classe; na semana seguinte, invertíamos as turmas. Uma ocorrência particular foi um aluno que fazia parte da primeira turma, nos enganou e voltou ao laboratório com a turma seguinte para realizar o experimento novamente. Ao percebermos, pensamos que fosse brincadeira, mas ele realmente estava participando da montagem e execução do experimento que ele já havia feito uma semana antes. Podemos ressaltar, mais uma vez, que em diversas situações em que alguns alunos não entrariam na escola ou que iriam embora, ao nos verem com os materiais de laboratório, davam meia volta e entravam na sala de aula, como já relatamos anteriormente.

Percebemos a motivação dos alunos, apesar da dificuldade de entrarem na dinâmica de argumentações e ações da prática laboratorial. A motivação se devia ao fato dos alunos sentirem que são agentes do seu próprio processo de aprendizagem, pois solicitamos a participação deles em cada passo, deixamos claro que não queríamos que fossem apenas observadores, expectadores acríticos, mas sim, que exercessem influência sobre a aula proposta, argumentando, raciocinando, interferindo, questionando e finalmente relacionando as conclusões que chegávamos com situações reais. E, para nós, justamente, a capacidade de relacionar o que foi observado, discutido, conceituado com situações cotidianas em qualquer escala, local ou global, é que nos garantia a compreensão, a aprendizagem significativa por

parte dos alunos. Temos em mente que uma das formas de aprender é relacionar.

Esta aprendizagem é necessária, haja vista o novo formato do ENEM que, conforme foi divulgado várias vezes pelo ministro da Educação, cobrará a aprendizagem significativa e não a capacidade de decorar e, com isso, reter conceitos e fórmulas sem relacioná-los com as situações apresentadas. Em nossa trajetória como professor, notamos diversas vezes alunos que, ao receberem a avaliação, antes mesmo de colocarem o nome, alguns alunos colocam as fórmulas que decoraram no canto da folha de prova e as colocam sem erros, mas ao lerem as questões não conseguem interpretar a situação física e, portanto, não conseguem relacionar a situação apresentada com as ferramentas matemáticas que auxiliariam na sua resolução e falham na resolução das questões.

Mesmo as dificuldades dos alunos em entrarem na dinâmica das aulas práticas se tornaram pontos em que a atividade laboratorial teve contribuições a oferecer, pois os alunos pensavam que o professor era uma enciclopédia e esperavam dele uma resposta rápida e clara, isso se deve ao modelo tradicional de ensino em que o professor transmite a informação sem privilegiar a busca dessa informação criando, dessa forma, uma dependência com relação ao professor que em nada auxilia o processo de ensino aprendizagem e a formação com mais autonomia dos alunos. E ao perceberem que não estaríamos dispostos a fornecer respostas rápidas e conceitos copiados, mas que seríamos um guia que os levaria a refletir, buscar explicações e começar a produzir seu conhecimento por múltiplas interações, provocamos uma mudança em seus comportamentos, favorecemos a adoção de uma nova postura, de um procedimento de envolvimento e ação do aluno durante a investigação e resolução do problema proposto e conduzido pelo professor.

De acordo com Carvalho *et al.* (1999), as atividades práticas de demonstrações investigativas, ligadas à solução de problemas e à argumentação pode contribuir para o

ensino de Física, fazendo com que os professores percebam a concepção espontânea dos alunos, quando eles se manifestam nas sucessivas etapas do experimento e na resolução do problema como um todo. Valoriza-se o ensino por investigação, aproxima-se a atividade que desenvolvemos com a atividade de investigação científica. É comum aos alunos, antes de começar a ter aulas de laboratório, perguntarem, “nos vamos explodir alguma coisa?”, e também ficarem ansiosos por conhecerem os equipamentos que existem no laboratório. Assim como em Labarce (2009), percebemos uma visão estereotipada do cientista e da atividade científica, uma idéia de que cientistas são pessoas excepcionais, muito estudiosas e que conseguem descobrir coisas importantes para a humanidade, mas para isso se enclausuram em laboratórios trabalhando com equipamentos perigosos e difíceis de utilizar. Essa idéia é comumente veiculada nos meios de comunicação e acaba sendo reforçada pelos professores.

Observamos também, assim como em Carvalho *et al.* (1999), que as atividades práticas permitem maior participação dos alunos na aula, valoriza a interação dos alunos com a nossa proposta de ensino, permite a aprendizagem de atitudes, de procedimentos além dos conteúdos. Muitos experimentos permitem o surgimento de conflitos cognitivos nos alunos, possibilitando oportunidades de superarmos esses conflitos.

Ainda, pode ocorrer o reconhecimento, no final, da importância da interação contínua dos conhecimentos teóricos na realização da atividade prática, pois pedíamos um relatório escrito dos experimentos e das conclusões a que, coletivamente, chegávamos.

6. Competências e Habilidades

A noção de competência não está muito clara e partilhada pelos educadores. De acordo com um exemplo verídico dado por Garcia (2010), em que uma professora questionou sobre o significado das competências e habilidades de que se fala nas escolas atualmente. Após uma breve explicação, essa professora concluiu que competências e habilidades seriam aqueles “verbinhos” colocados na frente dos objetivos de ensino nas reuniões de planejamento do início do ano. E como já consagra a prática, esses “verbinhos” junto com os objetivos acabam engavetados pelo resto do ano e, ainda de acordo com a autora, esse tipo de hábito é tão difícil de romper que deveríamos considerar as competências e habilidades, por si mesmas, como objetivos.

Romper esse tipo de hábito não é simples. Daí a importância, a meu ver, de se considerar as habilidades e competências como objetivos em si, tal como se faz com a leitura e a escrita. Logicamente, isso não significa desvincular as habilidades de algum conteúdo. Pelo contrário, os conteúdos das diferentes disciplinas devem ser o principal instrumento para o desenvolvimento dessas habilidades. O que se necessita é mudar o enfoque, a abordagem que se faz de muitos assuntos, além da postura do professor, que em geral considera o conteúdo como sendo de sua responsabilidade, mas a habilidade como de responsabilidade do aluno (GARCIA, 2010).

De acordo com Macedo (1999), podemos dizer que, numa primeira aproximação, a diferença entre competência e habilidade dependerá do ângulo que você olha, por exemplo, a competência para resolver um problema de Física envolve diversas habilidades: ler o enunciado, interpretá-lo, decidir qual fórmula envolve as grandezas físicas fornecidas pelo enunciado e a grandeza que se deseja descobrir, calcular e, por fim, dar a resposta de maneira clara e precisa.

Qual a diferença entre competência e habilidade de ler? Saber ler, como habilidade, não é o mesmo que saber ler como competência relacional. Em muitas situações (quando temos de ler em público, por exemplo), ou não sabemos ler, ou temos dificuldades para isso. Como coordenar as perspectivas do texto, do ouvinte e do leitor? Todos conhecemos escritores brilhantes, mas que não são bons conferencistas (MACEDO, 1999).

A maneira como Perrenoud (2000) define, permite uma visão global sobre competência e nos permite concluir que uma competência permite mobilizar conhecimentos ou recursos cognitivos para resolver determinada situação problema.

Perrenoud esclarece que a competência não é um saber em si, também não se constitui em um *savoir-faire* ou numa atitude, mas um aspecto da competência é justamente acionar, articular, integrando os recursos cognitivos a fim de resolver determinada situação. Outro aspecto levantado pelo autor é que mobilizamos recursos cognitivos e habilidades para nos tornarmos competentes para lidar com determinada situação problema. E essa mobilização é pertinente nesta situação que é singular, mesmo que analogamente possamos relacioná-la com outra situação problema.

Na definição de Macedo, a competência figura como uma habilidade generalizada, enquanto a habilidade pode ser considerada uma competência pontual ou de ordem particular. “Para se comunicar bem numa palestra, apenas saber ler é uma condição insuficiente, pois há uma conjunção de fatores que são de outra ordem. O que não quer dizer que competência seja apenas um conjunto de habilidades: é mais do que isso, pois supõe algo que não se reduz à soma das partes” (MACEDO, 1999).

Essa última consideração de Macedo converge com a complexidade do tema e nos remete à epistemologia da complexidade de Edgar Morin, na qual ele sugere “avenidas”

que devemos percorrer para elucidar o pensamento complexo e, uma dessas avenidas é a organização, que traz uma dificuldade lógica, ou seja, como um sistema é organizado a partir da articulação e interação de muitos elementos diferentes, ele forma, portanto um uno (o sistema) que congrega o todo (as suas partes constituintes). “A complexidade lógica da unitas multiplex exige-nos que não dissolvamos o múltiplo no uno, nem o uno no múltiplo” (MORIN, 1994, p.140).

A organização, entendida aqui como um conjunto de habilidades que constitui uma competência geral, comporta também um paradoxo, sendo que um sistema organizado não é apenas constituído por partes; é ao mesmo tempo, mais e menos do que a somatória das partes. Podemos considerá-lo menos no sentido em que, ao juntarmos as partes, algumas de suas potencialidades serão inibidas por opressões inerentes à organização. Como exemplo, Morin cita a organização social que, com opressões de carácter político, jurídico e militar, inibem ou reprimem muitas das nossas potencialidades. Ao mesmo tempo o sistema pode ser mais do que a soma das partes, no sentido em que qualidades subitamente podem emergir na interação das partes. Estas que não existiam nas partes isoladas e, portanto só podiam ser constatadas empiricamente, sendo imprevisíveis do ponto de vista lógico. Segundo Morin (1994), essas qualidades emergentes retroagem sobre as partes, e cita como exemplo a existência de uma cultura, de uma língua, de uma educação que só podem existir num todo organizado, mas que atuam sobre os indivíduos, desenvolvendo-lhes o espírito e a inteligência. Em um outro exemplo relativo à Biologia, Morin mostra-nos como um ser vivo é constituído por agrupamentos de células com diferentes funções, e observa no ser vivo capacidades ou competências, como o movimento e outros atributos que não são próprias das suas partes quando isoladas, mas podem surgir no sistema, retroagindo sobre as partes.

Nas escolas públicas, e mais especificamente na escola que desenvolvemos o

projeto em parceria com a FAPESP/UNESP, há orientações com relação às competências cognitivas que, de acordo com o material de apoio enviado pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo por ocasião da realização do SARESP, significam modalidades estruturais da inteligência, ou seja, “conjunto de ações e operações mentais que o sujeito utiliza para estabelecer relações com e entre os objetos, situações, fenômenos e pessoas que deseja conhecer.” O desempenho em uma avaliação ou prova é a expressão das competências do aluno, que, por sua vez, de acordo com o conceito de competência, verifica o quanto as habilidades dos alunos, pretensamente desenvolvidas pelos professores em atividades durante o cotidiano escolar, foram evidenciadas na avaliação ou prova.

Para as competências que podem ser desenvolvidas no laboratório, consideramos as Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo)⁴, pois nossos alunos serão avaliados por esse sistema que é uma referência para todo ensino público, mas, também, observamos os aspectos levantados por: CALDEIRA (2005), CARVALHO (1999), MACEDO (1999), PERRENOUD (2000) e ZABALLA (1998).

Temos em primeiro lugar a competência para observar e, com isso, poder registrar perceptivamente o que está ocorrendo no experimento, o que está proposto nos textos e imagens. Atrelada a essa competência temos o desenvolvimento da habilidade de observar para levantar dados,

Observar: Essa habilidade é uma das mais importantes para ser estimulada e, além disso, é possível de ser trabalhada desde as idades mais tenras: aprender a observar é essencial para o estudo e compreensão dos fenômenos naturais. (CALDEIRA, 2005, p.67)

⁴ Elaborada por especialistas da CENP (Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas) da SEE/SP (Secretaria de Estado da Educação de São Paulo), disponível em: <http://saresp.edunet.sp.gov.br/2008/pdf/matr2008.pdf> acesso em 9/03/2010.

A habilidade de descrever fenômenos, situações, acontecimentos, etc. propicia aos alunos a percepção de detalhes e das características singulares, por exemplo, das diferentes formas de transmissão de calor. “As atividades decorrentes de descrições podem ser registradas por meio de desenhos, textos, esquemas e também exploradas pela prática da oralidade.” CALDEIRA (2005, p.67). Também nessa atividade desenvolve-se a habilidade de discriminar e identificar que exige o estabelecimento de diferenciações, semelhanças e aspectos específicos dos fenômenos de transmissão de calor.

As habilidades de constatar aspectos observáveis do experimento e de relacioná-los com fenômenos podem ser desenvolvidos quando após o experimento e a discussão dos resultados, levamos à sala de aula alguma situação social, ambiental ou tecnológica que envolva o conceito trabalhado e pedimos para os alunos analisá-las.

A habilidade de representar graficamente fenômenos também pode ser desenvolvida nas atividades propostas conforme poderá ser constatado no próximo capítulo.

Em seguida temos as habilidades relativas à competência para realizar os procedimentos necessários à elucidação as questões propostas, ou seja, são habilidades focadas nas atividades dos alunos, naquilo que deverá ser feito e como efetivamente será feito.

Essas habilidades configuram-se na classificação, em que se deve organizar no sentido de separar fenômenos, fatos e suas representações de acordo com um critério: 1) habilidade de conservar algumas propriedades da matéria mesmo quando o todo se modifica; 2) habilidade de fazer antecipações sobre o resultado de experiências sobre a continuidade dos acontecimentos; e 3) habilidade de medir. Especificamente, em nossas práticas, os alunos desenvolveram a habilidade de medir temperaturas com termômetros convencionais e digitais sincronizados com os cronômetros. Por fim, nesse grupo de

habilidades necessárias à competência de realizar, temos a habilidade de interpretar, explicar o sentido dos acontecimentos, resultados de experiências, dados, tabelas, gráficos, figuras e desenhos, apreendendo este sentido e utilizá-lo na solução dos problemas.

Temos também, permeando todo processo, a competência para compreender que, sob uma perspectiva, está presente e é mesmo essencial às operações mentais relativas às competências que citamos anteriormente, como a competência para observar e para realizar, a competência para compreender tem a condição de meio, possibilitando leituras de esquemas e de diversas formas de representações (competência para observar) e possibilitando as realizações seguindo esquemas procedimentais (competência para realizar), mas nessa perspectiva a competência para compreender não é uma finalidade, ou seja, tem lugar como meio e condição, não como fim.

Sob outra perspectiva a competência para compreender se expressa conscientemente e possibilita a compreensão, o planejamento e a escolha de estratégias para resolver problemas ou realizar tarefas que seriam difíceis ou até impossíveis no âmbito das competências anteriores. Nessa perspectiva de finalidade, essa competência permite operações mentais mais complexas, culminando num raciocínio hipotético-dedutivo.

As habilidades concernentes a esse nível, quando manifestadas, nos permitem inferir que o aluno domina esse nível superior de operações. São elas: habilidade de analisar fatos, acontecimentos ou possibilidades na perspectiva de seus princípios; habilidade aplicar relações e princípios conhecidos em situações novas, para tomar decisões, solucionar problemas, etc.; habilidade de avaliar, ou emitir julgamentos referentes a acontecimentos, decisões, situações, grandezas, etc.; habilidade de criticar, analisar e julgar, com base em situações, resultados de experiências, soluções para situações-problema, etc.; habilidade para explicar causas e efeitos de uma determinada sequência de acontecimentos; habilidade

de fazer prognósticos com base em dados já obtidos sobre transformações em objetos, fenômenos, etc.; habilidade de fazer generalizações indutivas a partir de leis ou de relações descobertas em situações diferentes e, dessa forma, estender dos casos estudados para todos os casos semelhantes algo que implica bom domínio da lógica; e, por fim, a habilidade de apresentar justificativas ou explicações para acontecimentos, resultados de experiências, opiniões, interpretações, etc.

É necessário observarmos que um trabalho prático, sobretudo um trabalho laboratorial, envolve uma interação entre alunos que pode ser mais ou menos intensa dependendo do experimento que está sendo realizado. Por exemplo, ao construirmos o conceito de Capacidade Térmica das substâncias, tivemos que formar grupos de alunos em que um aluno se responsabilizaria por cronometrar o tempo, e, ao fim de cada minuto, avisar o colega para agitar levemente a substância a fim de uniformizar a temperatura e fazer a medida para então dizer a outro colega para que anote o valor numa tabela específica. Isso posto, fica clara a dimensão coletiva de um trabalho laboratorial.

Não obstante a essa dimensão coletiva, os três grupos de competências e habilidades que constam no texto da Secretaria da Educação abordam, em sua maior parte, a dimensão individual da aprendizagem. A propósito, no grupo I temos a competência para observar que compreende as habilidades de observar para levantar dados, identificar, localizar um objeto, descrever objetos e situações, discriminar, constatar e representar. O grupo II envolve a competência para realizar e compreende as habilidades para classificar, seriar, ordenar, compor e decompor, fazer antecipações, calcular por estimativa, medir e interpretar. Por fim, temos o grupo III com a competência para compreender que reúne as habilidades de analisar, aplicar, avaliar, criticar e julgar, explicar causas e efeitos, apresentar conclusões, levantar suposições, fazer prognósticos com base já obtidas, fazer

generalizações e justificar acontecimentos.

Com isso apontamos a falta da dimensão coletiva da aprendizagem nas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP. Polizelle (2004) também apontou nos PCN esta deficiência: “as competências enunciadas nos PCN estão fundadas quase que exclusivamente na abordagem individual da aprendizagem – saber interpretar, utilizar e compreender tabelas, expressar-se corretamente, elaborar sínteses, conhecer e utilizar conceitos físicos, identificar a situação, articular, reconhecer, dimensionar, emitir, etc.” (POLIZELLE, 2004, p.106).

Para habilitar a dimensão coletiva da aprendizagem, podemos considerar a competência relacional definida por Macedo (1999). Essa competência expressa um jogo de interações, logo, é uma competência interdependente. No entanto, em seus exemplos, o autor ainda ressalta o aspecto individual e nos mostra a interdependência entre as habilidades, como na situação da partida de futebol em que, mesmo que o jogador saiba chutar muito bem, driblar com precisão, fazer embaixadas, etc. se ele não souber articular, coordenar essas habilidades no momento da partida ele poderá não fazer o gol.

Ou ainda:

No caso de uma conferência, a qualidade do texto (competência do objeto) não é condição suficiente para que ela atinja os objetivos do conferencista, é necessário fazer uma boa leitura (competência do sujeito), considerando as reações da platéia, o ritmo, as pausas, etc. (competência relacional). (MACEDO, 1999).

Assim, podemos aproveitar a competência relacional, definida acima como um relacionamento bem articulado de um conjunto individual de habilidades, e transpor para o relacionamento, que se pretende bem articulado, de um grupo de alunos investigando um fenômeno, um texto ou situação problema colocada e orientada pelo professor. Obviamente essa articulação e esse relacionamento dos grupos formados pelos alunos irão melhorar

conforme os trabalhos práticos se sucedem e amplificam.

Acreditamos que atividades práticas têm potencial de mobilizar certo investimento no trabalho coletivo pois, para reproduzir o fenômeno físico no laboratório, cada indivíduo do grupo se incumbem de uma tarefa específica para que o experimento se concretize e, posteriormente, se dedicam à investigação e à formulação de uma opinião sobre os resultados. “A resolução de um problema pela experimentação deve envolver também reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações, características de uma investigação científica”. CARVALHO et. al. (1999, p.43).

Não queremos, com isso, diluir o indivíduo no coletivo, pois, em seguida, cobramos o investimento no trabalho individual, haja vista que o relatório, após as conclusões coletivas, era redigido individualmente, era o momento de cada aluno significar para si mesmo o conhecimento científico adquirido com o experimento e com as situações colocadas para grupo.

No decorrer de nossos trabalhos práticos durante o ano de 2009, procuramos sempre identificar aqueles alunos que participavam menos, que se dispersavam, que conversavam sobre outros assuntos que não se relacionavam com o trabalho laboratorial e aparentemente não estavam “interessados” no experimento. Justamente para eles dávamos ou cronômetro ou o termômetro para que fizessem medidas ou, ainda, nos experimentos demonstrativos, pedíamos sua ajuda para montar ou executar o experimento e não raramente víamos esse aluno, ao sentir-se útil e valorizado, que não só realizava a tarefa que lhe havia sido confiada, como mudava sua postura nos experimentos seguintes.

CAPÍTULO II

REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS

1. Reflexões epistemológicas: Empirismo, Apriorismo e Interacionismo.

Podemos considerar atualmente que o grande esforço no ensino das Ciências, em particular da Física, é tornar significativo o aprendizado de seus conteúdos, mesmo para alunos que não dependerão profissionalmente daqueles conteúdos. Isto, certamente, não significa que devem prescindir do conhecimento científico, pois este deverá ser visto, entre outras coisas, como oportunidade para discussões amplas que envolvam os saberes da Ciência abrangendo também, a Ética, Tecnologia e Ambiente etc., ou seja, dar aos alunos condições de compreendê-los conceitualmente na sua complexidade.

O estudo da Ciência objetiva também a apreensão dos Princípios e Leis que regem a natureza, sendo, portanto, uma ferramenta de compreensão e de significação do mundo que nos rodeia. Podemos afirmar, ainda, que é um instrumento complexo de interação entre a comunidade escolar, a local e a planetária no sentido de formar novos hábitos, propiciando uma postura ativa e solidária frente aos problemas emergentes da comunidade, visando à cidadania num sentido abrangente.

A despeito de sua importância, a Física é abordada por meio de definições, fórmulas e classificações fragmentadas, que na escola, de um modo geral, são decoradas e repetidas automaticamente, principalmente, nas provas com caráter quantitativo, em que ao aluno cabe apenas o papel de expectador acrítico e mecanicista: toma nota, copia, responde os questionários, faz provas, trabalhos em grupos, situações em que cada um está mais preocupado em ser aprovado, ou tirar “boas notas”.

De acordo com Becker (2008) a respeito da atuação dos professores nas escolas desde o ensino fundamental nível I até a universidade, a concepção epistemológica subjacente a prática desses professores adquire poder determinante e concebe que o objeto se impõe ante o sujeito, ou seja, uma epistemologia empírica que impede o docente de avançar pedagogicamente. As ações praticadas direcionam-se para a *reprodução*, os alunos seguem um roteiro predeterminado pelo professor não cabendo modificações,

(...) trata-se, tão somente, da aplicação *da lei do exercício* de Thorndike, e não de uma proposta que se aproxime das concepções de ação ou de interação de Piaget, Freire, Vigotsky, etc. As ações programadas pelo professor devem ser mecanicamente reproduzidas; elas têm um poder mágico que produz efeito certo, dependendo apenas da quantidade de repetições. (BECKER, 2008, p.334).

Segundo Becker, uma frase que revela muito bem a concepção empírica é a passagem do *Leviatã* de Hobbes; “Não há nenhuma concepção no espírito do homem que não tenha sido originada (...) nos órgãos dos sentidos”, portanto, os empiristas concebem que o conhecimento é construído por intermédio dos sentidos. “Conheço uma cidade porque a vi. Conheço uma música porque a ouvi. Conheço a maçã porque a

saboreei” (BECKER, 2008, p.12), no entanto, o autor aponta as inconsistências desta afirmação generalizada, pois basta pensarmos em situações que necessitam de abstrações como o conhecimento dos números, ou seja, não conhecemos o número 2, 3, etc. porque os vimos ou ainda não poderíamos ter conhecido o binômio de Newton pelo sabor ou som emitido por ele.

Com isso pretendemos ressaltar que o empirismo concebe o conhecimento como algo adquirido diretamente do mundo do objeto (O) e imposto por esse mundo, que pode ser físico ou social, ao sujeito (S) e esse sujeito não deve aceitar nada que não tenha passado pela experiência. Conforme Becker, essa relação pode ser representada como $S \leftarrow O$. De acordo com Piaget: “o empirismo tende a considerar a experiência como algo que se impõe por si mesmo, como se ela fosse impressa diretamente no organismo sem que uma atividade do sujeito fosse necessária à sua constituição”. (PIAGET, 1979, p. 339, *apud*, BECKER, 2008, p.12). Isso posto, vale ainda ressaltar:

Consiste o empirismo numa concepção segundo a qual o conhecimento é adquirido pelos sentidos e decalcados na mente, concebida como *tábula rasa*. Epistemologicamente, caracteriza-se o modelo empirista pela unidirecionalidade nas relações sujeito-objeto: é admitida como determinante a interferência do objeto sobre o sujeito e não o contrário. O sujeito é passivo, a atividade é propriedade do objeto; este é constituído, sob o ponto de vista sociológico, pelo meio social que, por sua vez, subsume o meio físico. (BECKER, 2008, p. 99).

A mais genuína expressão da metodologia empirista presente na ação docente, na visão deste autor, é a aula expositiva, utilizada pela maioria dos professores que crêem numa associação de clareza lógica com ilustrações bem relacionadas com o conteúdo para atingir o objetivo de ensinar e este objetivo será alcançado se o aluno repetir oralmente e por escrito o assunto e, também, não poderá desviar sua atenção da

lousa e do professor, pois aí está o conteúdo que deverá penetrar em seus sentidos e já é um produto acabado que deverá ser reproduzido. O professor embasado nesta epistemologia crê profundamente que esse ensino efetivamente produz aprendizagem e se esta não ocorre, então é culpa do aluno que está desatento, que fica assistindo TV ou no vídeo-game até tarde, da família que não cobra que não colabora com a escola, numa tendência a colocar as causas do fracasso naquilo que está “fora” no mundo do objeto, portanto nada mais lógico de que a cura venha também de fora, ou seja, mais cobrança por parte da família do aluno, exigindo que ele passe mais tempo relendo, em casa, os textos, as definições, praticando as fórmulas; estabelecer regras no uso da TV ou do vídeo-game; horário para dormir; etc.

Com isso o professor não faz uma reflexão sobre sua prática e dá vazão a metodologia genuinamente empirista apontada acima, de acordo com Ludke (2001) numa entrevista com professores, eles apontaram que a formação para a pesquisa era necessária apenas para os professores que quisessem aprofundar os conhecimentos em disciplinas específicas como a Física e a Biologia, por exemplo. Não houve indicação, por parte dos professores entrevistados, da importância de todos os professores de qualquer disciplina e de todos os níveis de ensino em exercitarem a pesquisa, mas quanto à formação para a pesquisa os professores entrevistados apontaram os cursos de mestrado e de doutorado como caminhos convenientes e adequados, poucos citaram a orientação para a pesquisa na graduação e a formação continuada durante o desenrolar da vida profissional do professor, por iniciativa deste professor, Ludke (2001).

Ainda com relação ao empirismo, destacamos que a experiência é algo necessário para o desenvolvimento cognitivo, mas a metodologia que a inclui não pode considerá-la o bastante, ou considerar que apenas a experimentação é suficiente para um

conhecimento ser construído. Por mais que os conhecimentos físicos possam se iniciar na sensação, a ação do sujeito é necessária (interacionismo) para fazê-los progredir e, nesse ponto, é preciso distanciar-se do lado sensorial.

No pólo oposto temos a concepção apriorista, a qual não considera o aluno como uma *tábula rasa*, mas portador de uma bagagem hereditária inata ou que carece de um processo de maturação, de qualquer forma é algo dado *a priori*.

A postura apriorista opõe-se à empirista na medida em que relativiza a experiência, absolutizando o sujeito. Poderíamos usar a seguinte imagem para entender melhor como os aprioristas entendem o conhecimento: supõe-se que nosso cérebro, mediante nosso olhar (ou mediante a estrutura perceptiva), jogasse um fluido sobre um objeto qualquer e dele retirasse um holograma, ao sugar de volta esse fluido, pela percepção. (BECKER, 2008, p.15).

Este tipo de abordagem compreende concepções de aprendizagem humana, que concebe este processo como exclusivo do aluno-sujeito, em que este valoriza o papel da interação com seus parceiros, o meio social e físico, mas a atividade do conhecimento é exclusiva do sujeito numa relação epistemológica, conforme Becker, que pode ser representada como $S \rightarrow O$.

A criança, ao nascer, é o resultado de bilhões de anos de evolução e se insere numa sociedade com conhecimentos construídos historicamente. Logo, a elaboração e maturidade desse organismo não devem ser desprezadas e o processo de maturação desta bagagem é apontado por Piaget como uma condição necessária para o desenvolvimento do conhecimento. No entanto, somente essas estruturas dadas *a priori* e sua maturação não são suficientes.

A grande constatação que Fernando Becker nos trouxe em sua obra⁵, após entrevistar professores do ensino fundamental I até a universidade, é a concepção epistemológica hegemônica subjacente às práticas dos mesmos, ratificada na epistemologia empirista. Em momentos fugazes, como a aplicação de um projeto proposto pelo governo ou por um programa de pós-graduação, por exemplo, o professor se afasta das práticas subsidiadas por essa concepção, mas invariavelmente retorna a ela, quando essa “condição diferenciada” acaba.

O autor denuncia, ainda, que essa epistemologia empirista resulta numa qualidade antipedagógica, traduzida no autoritarismo legitimado teórica e praticamente no empirismo, levando o professor a uma “arrogância didática”, segundo a qual o mesmo acredita na capacidade ilimitada para ensinar desde que se utilize de uma clareza lógica e ilustrações adequadas, conforme já dissemos anteriormente. Nesse contexto podemos considerar que a criatividade do aluno não tem a menor chance, pois tudo já está determinado, ou enquanto objeto/conteúdo ou enquanto estrutura (apriorismo).

Por ser os conteúdos (conhecimento historicamente produzido) uma preocupação marcante, urge evitarmos duas posições equivocadas: a) pensar que os conteúdos são autônomos sem vínculos com a prática social, ou seja, pensar que os conteúdos se bastam por si, conforme a pedagogia tradicional; b) acreditar que os conteúdos são irrelevantes, colocando o peso da ação docente privilegiando em demasia a questão metodológica e o apriorismo como queria a pedagogia nova.

A relação do mundo do objeto/conteúdo e o aluno com suas estruturas de significação, resulta naquilo que Becker (2008) chamou de epistemologia interacionista, que não considera possível conhecer algo previamente dado. “A consciência não

⁵ BECKER, F. A **Epistemologia do Professor**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

precede a ação, nem enquanto conteúdo, nem enquanto estrutura” (BECKER 2008, p.119). De acordo com este autor, para Piaget o conhecimento não podia ser transmitido, mas deveria ser construído e foi muito sugestivo a frase de Piaget que o autor escolheu para iniciar seu livro: “Tudo o que a gente ensina a uma criança a criança não pode mais, ela mesma, descobrir ou inventar”.

É preciso que o sujeito atue sobre o objeto e desta ação resultará num retorno com as repercussões desta atuação e, pela interação do organismo com o objeto ou meio, dá-se o conhecimento:

A ação do sujeito sobre o objeto é entendida como ação assimiladora que transforma o objeto. As repercussões desta ação, ou ação de retorno do objeto sobre o sujeito, enquanto implicam uma ação transformadora do sujeito sobre si mesmo ou sobre seus esquemas de ação/operação são entendidas como ação acomodadora. Assimilação é ação transformadora do sujeito sobre o objeto. Acomodação é ação transformadora do sujeito sobre si mesmo. O desenvolvimento, e por extensão a aprendizagem, deve ser entendido, para Piaget, como o resultante deste jogo combinado da adaptação e da organização, e jamais como uma ação unilateral do objeto (meio físico e social) sobre o sujeito. (BECKER, 2008, p.62).

Isto posto fica clara a relação que representa a epistemologia interacionista como sendo representada por $S \leftrightarrow O$ e que configura o construtivismo para Piaget.

Cabe agora posicionarmos nossa pesquisa e prática neste contexto. Os trabalhos práticos pautaram-se por um início contextualizado, pela apresentação de situações problemáticas e favorecendo a reflexão dos estudantes sobre a relevância e, dessa forma, possibilitar o interesse pela situação proposta. Procuramos estimular a emissão de hipóteses para explicitar as concepções prévias dos alunos, mas, obtivemos pouco êxito neste quesito, pois a prática docente imersa na tradição empirista não

estimula a criatividade. Os alunos já se encontravam no penúltimo ano do ensino básico, no entanto, o resultado que obtivemos já foi um avanço e mostra as possibilidades desse método.

Em seguida, concedemos toda a importância para a elaboração da atividade prática, sem que os alunos tenham sido expostos a alguma teoria ou explicação que tire do aluno, conforme a frase supracitada de Piaget, a oportunidade desse aluno descobrir pela interação os mecanismos do fenômeno que o professor ou que ele próprio está produzindo. Vale ressaltar que a maioria dos experimentos foram executados pelos alunos.

Estimulamos os alunos a analisar os resultados e interpretá-los à luz dos conhecimentos disponíveis, mesmo que de senso comum, sem vincular esses resultados inicialmente a fórmulas ou enunciados, mas apenas garantir o vínculo inicial do fenômeno à realidade física. Depois que eles realizaram a experiência, permitimos que os alunos apreciassem a solução dos colegas para o fenômeno, num esforço de integração e construção coletiva.

Na epistemologia interacionista a experiência é crucial. É preciso pensar no problema, sentir a necessidade, como na prática que realizamos sobre sensações térmicas, quando o aluno percebeu que o tato não é confiável, surgiu a necessidade de um instrumento para aferir o aquecimento dos corpos. Nesse ponto, permitimos uma possibilidade para que o aluno pense que toda substância aquecida dilata-se e, com isso, atinja o conhecimento básico que possibilita a construção do termoscópio. Em nossa prática foi necessário primeiro a proposição e construção do termoscópio e a utilização deste na experimentação para os alunos chegarem a essa conclusão. A concepção de experiência, neste contexto, não é apenas fazer algo, mas é como interpretamos os

resultados e como estabelecemos as relações destes resultados com o mundo social e físico, ou seja, como significamos o mundo a partir destes resultados. “Experiência não é o que fizemos. Mas o que fazemos com o que fizemos” (HUXLEY, *apud* BECKER, 2008, p.70).

Outra característica comum observada na prática docente é que, muitas vezes, estimula-se o aluno a raciocinar, mas, diante de alguma dificuldade, o professor assume o problema e o ameniza com explicações. Segundo Garrido (1996), a tendência a apresentar a “resposta certa” pode ser considerada uma das pré-concepções de docência mais presentes. A habilidade de mediar o diálogo, apresentando o problema de outras formas ou ainda propondo problemas análogos, segundo Becker (2008), é uma das características da estrutura da epistemologia interacionista. Isso ocorreu em vários momentos da nossa pesquisa, particularmente num em que ao realizarmos um experimento específico⁶, um dos únicos que foram realizados pelo pesquisador e não pelos alunos. Neste caso, a compreensão do fenômeno, no nível microscópico que queríamos, exigia certo grau de abstração e um grupo de alunos não havia dado explicações que demonstravam o nível de compreensão condizente com o fenômeno apresentado. Para aprofundar essas ponderações, preparamos um outro experimento que possibilitaria observar o mesmo fenômeno de uma outra forma visando desencadear a abstração reflexionante a qual, de acordo com Piaget (*apud* Becker, 2008, p.27), é a própria tomada de consciência, é a superação do sujeito passivo pressuposto na epistemologia empírica para se configurar o sujeito ativo, pressuposto no construtivismo piagetiano.

⁶ Experimento da “Garrafa Borbulhante” (ver: 9º e 10º aulas, Capítulo IV) em que se observa a expansão e a contração de gases, usado nesta pesquisa como ponto de partida para discussão do modelo cinético-molecular para a explicação de fenômenos térmicos.

Podemos citar um momento da pesquisa em que, após o experimento sobre a expansão e contração de substâncias, pedimos para os alunos responderem sobre as causas do aumento do nível do mar e, em seguida, pedimos para pensarem sobre uma possível relação dessa problemática ambiental com os experimentos realizados no laboratório e as relações estabelecidas foram satisfatórias, ou seja, a reflexão sobre o comportamento de substâncias líquidas (na construção do termoscópio) e de gases quando aquecidos em situações controladas subsidiaram a relação e o entendimento do que ocorria com a imensa massa líquida que cobre cerca de 70% da superfície planetária, considerando que entre outras causas a expansão térmica das águas ocupa um posição predominante no aumento do nível do mar.

Essas articulações também ocorreram em outros momentos, por exemplo, quase no final de nossa pesquisa após experimentarmos a capacidade térmica das substâncias e discutirmos o conceito, pedimos para que os alunos raciocinassem sobre o que ocorreria, termicamente, se a superfície do planeta Terra fosse toda coberta de areia ou se fosse metálica, como seriam as variações de temperatura. A partir daí, perguntamos sobre a importância da água. Vale ressaltar, que não citamos a estabilidade térmica propiciada pela grande capacidade térmica da água. O resultado pode ser observado na 17ª e 18ª aulas e também foi satisfatório, “a inteligência é construção de relações e não apenas identificação” (Piaget *apud* BECKER, 2008, p.22).

Evitamos a lógica que pressupõe aprender algo e usar depois, mas focamos a possibilidade de vivenciar o conhecimento ao passo em que este é construído, atendendo ao pressuposto de que construção e vivência são duas faces do mesmo evento. Com isso, pudemos evitar as abordagens tradicionais e permitir um processo mais interessante, pois de acordo com o GREF (Grupo de Re-elaboração do Ensino de

Física), a Física como instrumento de compreensão do mundo possui uma beleza conceitual ou teórica que já seria suficiente para tornar seu estudo agradável. Infelizmente, a Física é confundida com “a instrumentação matemática” que utiliza. Embora de vital importância, essa instrumentação não deve estar no lugar da representação do objeto, em suas características gerais. Assim, o instrumental matemático deve se referir ao conceito e, após a compreensão deste, é que os alunos devem ser expostos às ferramentas matemáticas necessárias para redimensioná-lo.

Entendemos que a compreensão dos conceitos científicos deva ser vista em sua complexidade e diversidade, porém, sem disjuntar os saberes que lhes servem de ferramenta. Desse modo, utilizá-los não de forma mutilada, segundo a qual cada uma das grandes áreas do conhecimento científico especializado separa o que é de seu interesse, prejudicando uma visão mais ampla, holística, do fenômeno. Esse tipo de compreensão fragmentada não reflete a natureza dinâmica, articulada, histórica e não-neutra do conhecimento científico. Outrossim, não reflete a perspectiva da Ciência como aventura do saber humano. Naturalmente, estamos cientes do grande desafio didático de se abordar um fenômeno natural nesta perspectiva complexa, que aqui propomos, a qual já é, em si, interdisciplinar.

CAPITULO III

O LABORATÓRIO DE FÍSICA COMO INTEGRANTE DE UM PROJETO INTERDISCIPLINAR E CONTEXTUALIZADO

1. A elaboração do projeto de pesquisa que avalia os impactos da cultura de cana-de-açúcar e seus subprodutos na região de Jaú.

O processo de ensino e aprendizagem que programamos e efetivamente aplicamos teve início no projeto de pesquisa que avalia os impactos da cultura de cana-de-açúcar e seus subprodutos na região de Jaú. Esse projeto começou a ser delineado quando professores da E.E. “Major Prado” solicitaram a docentes universitários da UNESP/Bauru que transitavam também pela Diretoria de Ensino de Jaú, uma conferência sobre o *pensar complexo* (MORIN, 1984) e a interdisciplinaridade.

O projeto teve seu início com a elaboração, depois de várias reuniões na Hora de Trabalho Pedagógico Coletivo (HTPC) com a direção e professores interessados, de um questionário investigativo. Conforme consta no projeto apresentado à FAPESP, sob número de processo: 2005/54742-1 e sob coordenação da Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira, esse questionário: “teve como objetivo levantar as expectativas dos alunos sobre o estudo das ciências e suas aplicações teóricas e práticas em sala de aula. Participaram desse

levantamento 311 alunos⁷. Nesse diagnóstico inicial percebemos que os alunos anseiam por aulas contextualizadas por problemas que enfrentam no seu dia a dia bem como o uso de laboratórios didáticos para o ensino de conceitos científicos. A discussão dessas necessidades apontadas pelos alunos, e outras sinalizadas pelos professores da escola apontou-nos a possibilidade de pesquisar metodologias para o ensino de conceitos científicos e matemáticos, a partir de problemas complexos, presentes na realidade vivenciada pelos alunos e professores. A seguir foram levantadas as prioridades que engendraram as categorias iniciais que possibilitaram chegar ao objeto da investigação do projeto submetido à FAPESP: **Avaliação dos impactos da cultura de cana de açúcar, seus subprodutos na região de Jaú como fomento para subsidiar o ensino e aprendizagem de forma inter e multidisciplinar**”.

Conforme relatou Santos (2008), a elaboração de um projeto tem um importante papel na história da escola onde será realizado e caminha rumo à interdisciplinaridade, seu objetivo maior. A autora analisa os passos seguidos pelos profissionais na elaboração do projeto, assim como as dificuldades de naturezas diversas, a serem vencidas para sua concretização. Outros pesquisadores também participam das atividades, desenvolvendo investigações a respeito das ações do projeto e dando o suporte necessário aos professores da escola em termos de elaboração de atividades e suporte teórico. Esse grupo de profissionais recebeu apoio financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), o que foi essencial para a reforma do laboratório didático, um importante elemento do projeto no que se refere às disciplinas científicas.

As dificuldades encontradas pelos professores em relação a uma prática diferenciada em sala de aula aparecem em muitas pesquisas na área da Educação para a

⁷ Plano de Gestão (2007-2010), E. E. Major Prado, Secretaria de Estado da Educação. Coordenadoria de Ensino do Interior. Diretoria de Ensino – Região de Jaú, p. 101.

Ciência. Morin (1994) apontou a *fragmentação do ensino* como um dos principais obstáculos que se referem à aprendizagem de ciências, não apenas por fragmentar conteúdos que seriam mais bem compreendidos se fossem abordados sob uma visão mais integrada dos conhecimentos, mas também e não menos importante, por dividir o próprio currículo, como o da Física, em tópicos que acabam por reduzir os processos a tópicos sem qualquer relação, de maneira que ele não é visto ou compreendido em sua totalidade.

A educação atual ensina a separar, compartimentalizar, isolar, e não, a unir os conhecimentos, de maneira que o conjunto deles constitui um quebra-cabeça para o aluno que não é capaz de montá-lo sozinho. Com isso, os problemas globais desaparecem em benefício dos particulares, o que resulta, como afirmou Morin (2002), em uma atrofia da disposição mental natural de contextualizar e de globalizar gerando conseqüências como a alienação e a irresponsabilidade nos alunos que não se sentem motivados a participarem da reconstrução conceitual dos fenômenos estudados sem o devido contexto, sem a devida relação com realidade que os cerca e, portanto, não se sentem motivados e conseqüentemente são incapazes de ressignificá-los.

A percepção de um saber plural, ou seja, de um estudo não fragmentado, tendo a interdisciplinaridade como um eixo fundamental, é posta pelo real. A complexidade, segundo Edgar Morin, é um desafio imposto pela natureza, pois a aleatoriedade e o caráter probabilístico de muitos fenômenos, como as mudanças climáticas, as turbulências e até as flutuações das bolsas de valores, recusam qualquer maneira reducionista e determinista de pensar, negam também a ambição de se controlar e dominar o real. Para Morin, o conhecimento torna-se cada vez mais consistente e ético, quando é possível encaixá-lo num contexto mais global, pois este autor nos assegura que todos os elementos que existem no macrocosmo existem também no microcosmo, ou seja, tudo o que conhecemos é composto por diferentes elementos: os átomos, as moléculas, os organismos, os seres vivos, o

ecossistema, a biosfera, a sociedade e a humanidade.

A equipe que elaborou o projeto procurou refletir sobre os aspectos do conhecimento construído na universidade e os aspectos do conhecimento construído por professores em suas práticas diárias na sala de aula. Eles puderam pensar as diferenças qualitativas, quantitativas e pragmáticas. Constataram, de modo geral, que os professores estão mais voltados para o como e para o saber fazer, enquanto, na universidade, empenha-se nas origens, evoluções e construções de paradigmas que envolvem a história e o ensino de ciências. A instrumentalização do professor⁸ se faz necessária de modo processual, esse *continuum* compartilhado é um dos fatores determinantes para uma atuação não somente eficaz e eficiente, mas aquela que proporcione aos professores ter voz e espaço próprios.

Nesse sentido, toda a formação docente, e nela a pesquisa é imprescindível, deve ser continuada porque o processo de construção da competência pedagógica é sempre um devir. Essa construção significa mobilizar-se, saber gerir informações e competências que requerem, no âmbito da ciência, habilidades específicas decorrentes da natureza do conhecimento científico aliadas às práticas desenvolvidas na sala de aula, da educação básica, como nas de superior. Entretanto, esses saberes estão desvinculados porque não há devida interação entre os saberes produzidos na universidade e os da prática docente dos professores de educação básica.

Garantir aos professores atuar de maneira mais eficiente diante de circunstâncias imprevisíveis do dia a dia no ambiente de aprendizagem torna-se um meio precioso na formação docente, para proporcionar a vivência regular de experiências interativas, levando os professores a analisarem suas próprias investigações. A pesquisa que propomos envolve o compromisso sociopolítico de formar professores comprometidos com os valores democráticos que fomentem a participação coletiva da comunidade escolar, por meio da discussão e reflexão dos problemas a serem levantados, visando ao desenvolvimento de valores e atitudes voltados aos eixos: ético, estético, comunicacional, socioeconômico, político-cultural, científico - tecnológico e ambiental, sem os quais não se garantem a plena formação de cidadãos. (CALDEIRA, 2005)⁹.

De modo sintético, o objetivo geral de desenvolver um programa de investigação voltado ao Ensino Médio, contemplando, entre outros temas, os problemas

⁸ Conhecimentos teóricos, didáticos, metodológicos e técnicos para poder atuar como professor.

⁹ Excerto da página 10-11 da introdução do projeto de pesquisa: “Avaliação dos Impactos da Cultura de Cana de Açúcar, seus Subprodutos na Região de Jaú como Fomento para Subsidiar o Ensino e Aprendizagem de Forma inter e multidisciplinar” coordenado pela Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira apresentado à FAPESP sob número de processo: 2005/54742-1.

ambientais em relação aos impactos da cultura de cana-de-açúcar e seus subprodutos na região de Jaú.

Com esse objetivo geral, o projeto envolveu o desenvolvimento dos conhecimentos específicos das disciplinas com procedimentos também específicos de cada área, e, por outro lado, contemplou a articulação interdisciplinar desses conhecimentos propiciada pelo tema comum. A partir do tema, o projeto foi desenvolvido pelos grupos formados pelas áreas do conhecimento que tinham afinidades entre si, por exemplo, em nosso caso específico formávamos o grupo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, envolvendo as disciplinas de Física e Biologia. A Química não participou, pois o docente responsável não aderiu ao projeto.

A fim de atingir os objetivos propostos no início do trabalho e no intuito de capacitarmos os professores para, posteriormente, partirmos para sala de aula, iniciamos reuniões com a equipe docente e diretiva da escola. As reuniões iniciais envolviam todo o grupo num estudo teórico sobre a interdisciplinaridade, sendo solicitadas ao grupo algumas leituras de textos e resenhas. Posteriormente, o enfoque ficou por conta de tornar factível esse projeto interdisciplinar, ou seja, de passar do plano dos estudos e da discussão para o plano da ação e, efetivamente, chegar à sala de aula e desenvolver o projeto com os alunos. Cada disciplina com seus objetos de estudo, com suas peculiaridades de caráter essencialmente disciplinar e tratamentos didáticos específicos, mas articuladas pelo projeto. Embasados por esses pressupostos elaboramos o seguinte mapa conceitual que, pretensamente, articulava os aspectos do tema proposto.

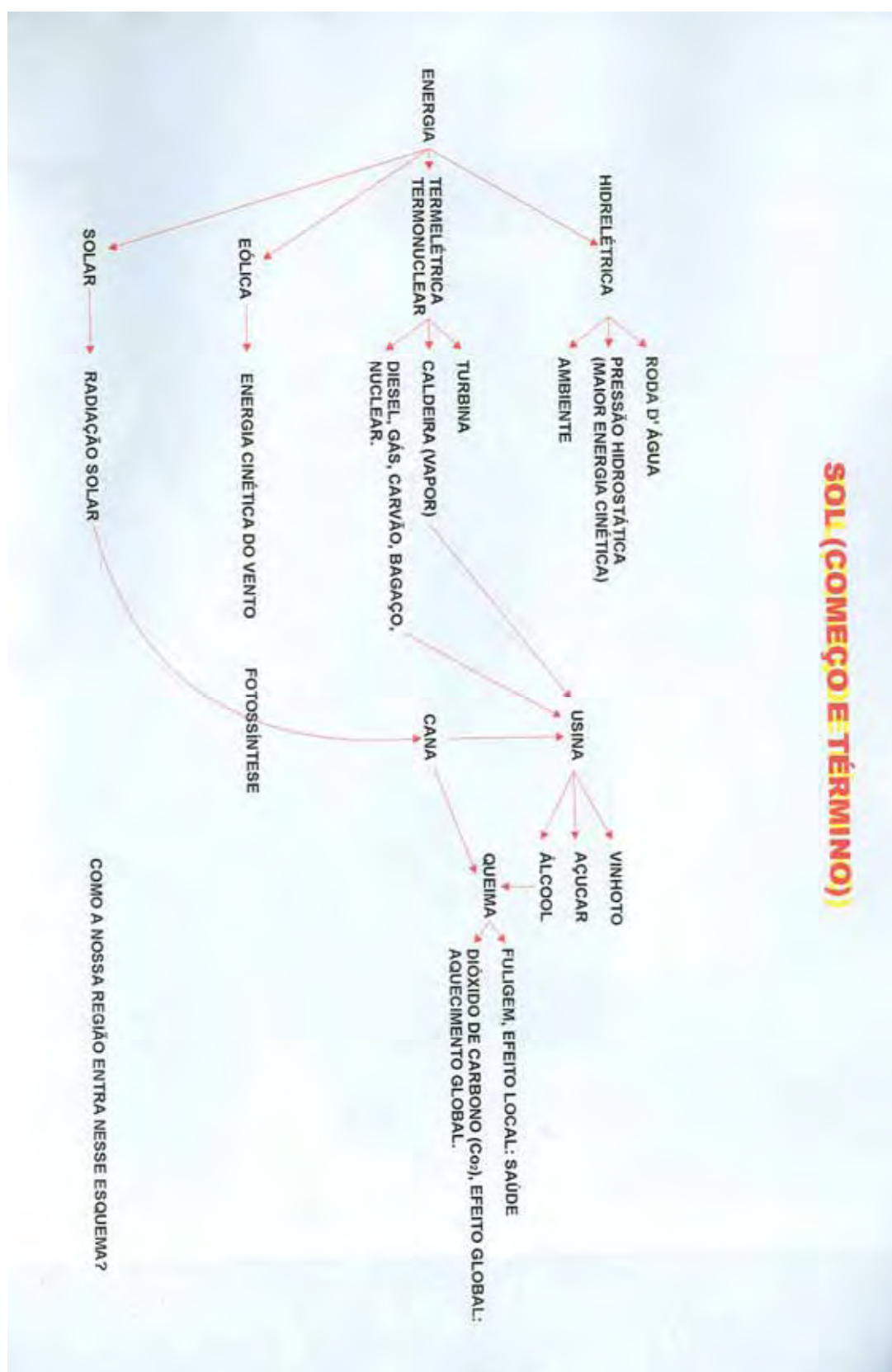


Figura 01: mapa conceitual dos conteúdos e suas relações.

Ambicionávamos responder às necessidades da vida contemporânea, desenvolvendo conhecimentos de maneira ampla que permitam uma melhoria na cultura geral e uma visão coerente dos aspectos que envolvem a cultura da cana-de-açúcar seus derivados, sobretudo (especificamente para a área de Ciências da Natureza) a importância da produção do álcool combustível como fonte de energia renovável e na sua utilização final nos tanques dos automóveis, considerando que esse combustível é menos poluente em relação à gasolina.

Se desenvolvemos bem os conhecimentos mais amplos e abstratos, permitimos não somente uma melhor visão dos impactos da cultura da cana-de-açúcar, mas propiciamos uma melhor visão de mundo, haja vista que os impactos ambientais são temas de interesse mundial e a universalidade dos conteúdos permitirá as mais diversas aplicações.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), a crescente valorização do conhecimento, da capacidade de inovar e de aprender continuamente solicita essencialmente uma formação geral bem fundamentada, um aprendizado com caráter prático e crítico em que o saber matemático, científico e tecnológico é condição de cidadania e não uma prerrogativa de especialistas.

A partir desses aspectos, consideramos de extrema importância a realização de pesquisas que focalizem o ensino de temas científicos segundo estratégias inovadoras, a fim de trazer subsídios para uma melhor formação científica dos alunos e para a discussão das questões da prática docente.

2. O papel da Física no contexto do projeto

Os estudos específicos realizados pelos professores de Física, pertencentes ao grupo de Ciências da Natureza, iniciaram-se com uma discussão sobre quais conteúdos,

concernentes ao tema, deveríamos abordar. Vários conteúdos surgiram aleatoriamente num primeiro momento, para ilustrar basta dizer que os primeiros conteúdos específicos sugeridos, foram os conceitos de Energia, os conceitos relacionados com a Termodinâmica e a tão consagrada eficiência energética, haja vista, a importância que as fontes renováveis de energia e o uso eficiente da energia disponível têm neste momento no panorama mundial em que os efeitos do aquecimento global se fazem sentir. O álcool combustível figura como um elemento para mitigar a emissão de gases estufa, pois a sua utilização emite menos dióxido de carbono (CO_2) do que a gasolina e no processo de sua obtenção, temos o plantio da cana que demanda para seu crescimento a síntese do carbono atmosférico, no processo da fotossíntese, para transformar em biomassa.

A diferença entre absorção e emissão tende a aumentar, quando, na colheita, se queima o canavial para que se possam executar os rudimentares métodos de colheita, rudimentares, mas que geram empregos, pois demanda mão-de-obra. Vale ressaltar que na E. E. “Major Prado” estudam alunos que trabalham, ou cujas famílias trabalham, em atividades que envolvem o plantio, o corte e o transporte da cana de açúcar na região. No entanto, essa queimada causa muitos problemas para o ambiente global, potencializando o efeito estufa devido à emissão de dióxido de carbono, e para a saúde local, pois a colheita coincide com o outono, um período com baixa umidade relativa do ar. Logo, se trata de um problema complexo envolvendo as esferas socioeconômicas e ambientais.

O grupo de Ciências da Natureza já havia relacionado os conteúdos a serem trabalhados quando a Secretaria Estadual de Educação enviou um programa que indicava os conteúdos que deveriam ser trabalhados nos três anos do Ensino Médio (E. M.). Essa indicação veio junto com um material enviado para os três anos do E. M. O referido material, em 2008, constituía-se de um jornal do aluno em edição especial da proposta curricular, inserido no programa: “São Paulo faz escola” para os primeiros, segundos e

terceiros anos, com muitas informações interessantes e contextualizadas, e uma espécie de livro/revista, apenas para os terceiros anos do ensino médio, com temas atuais cujo nome era justamente “Atualidades, 2008”, e que tinha o seguinte tema de capa: “Dossiê Aquecimento Global. Entenda o relatório da ONU: por que a poluição e outras ações humanas pioram o clima no mundo”.

Não se sabia ao certo, no início de 2008, mas havia a possibilidade da Secretaria Estadual de Educação cobrar a implantação desse conteúdo. Essa possibilidade causou apreensão entre os professores participantes do projeto, pois, conforme já apontamos, já tínhamos selecionado em conteúdos específicos de nossas respectivas disciplinas, mas que se relacionavam com o tema central do projeto, de forma que cada parte (disciplina) estava ligada por um fio que levava ao tema central e cuja pretensão maior era que os alunos, aprofundando na análise das partes, melhorassem a síntese que se configurava no tema central. Ou seja, por meio de um processo dialético, o aprendizado dos conteúdos específicos de cada disciplina faria com o aluno os relacionasse com o tema global melhorando seu entendimento, sua síntese do tema.

Voltamos às reuniões com o grupo específico de Ciências da Natureza e deliberamos a proposta de trabalhar a Física Térmica ou Termodinâmica com os terceiros anos, pois os primeiros e os segundos estavam sob a orientação de trabalhar com o novo material cujos conteúdos não tinham relação direta com o projeto e, como os terceiros anos tinham no material enviado pela Secretaria Estadual de Educação a problemática do aquecimento global e este assunto estava articulado com o complexo projeto em que estamos envolvidos: “Avaliação dos impactos da cultura da cana-de-açúcar e seus subprodutos na região de Jaú”. A partir desse momento, resolvemos, então, iniciar os trabalhos com os terceiros anos.

Sabemos que a termodinâmica é fundamental para o entendimento do

fenômeno e de sua implicação em um dos subprodutos da cana-de-açúcar: o biocombustível. Assim, essa temática passava, então, pelo entendimento do conceito de temperatura, calor, transmissão de calor, fenômenos térmicos a relação desses conhecimentos científicos diagnosticando questões ambientais e sociais, até a compreensão dos ciclos termodinâmicos de um gás e suas leis gerais. E associar, assim, esses conhecimentos científicos com a tecnologia que permitiu a construção das máquinas térmicas e a ligação destas com a problemática ambiental devido aos combustíveis fósseis e, por fim, a utilização dos biocombustíveis despontando como uma possível forma de diminuir a emissão de gases estufa.

Isso ocorreu em 2008, pois em 2009 o governo mandou o “caderno do aluno”, cujo volume 1 do segundo ano do ensino médio tinha como primeiro tema: Fenomenologia: Calor, Temperatura e fontes. Portanto, em 2008 trabalhamos com os terceiros anos e em 2009 trabalhamos com os segundos anos do ensino médio.

O ano de 2008 foi particularmente conturbado, pois a escola E. E. “Major Prado” passou por uma reforma ampla, algo que causou diversos transtornos. Também tivemos um atraso na aquisição do material de laboratório, o que nos levou a improvisar e a emprestar material de outros laboratórios. Entretanto, o que causou mais atrasos em nossa programação foram as constantes mudanças nos horários dos professores, pois em Julho de 2008 entrou em operação uma nova unidade, a E. E. “Padre Augusto Sani”, que levou vários de nossos alunos e provocaram mudanças constantes nos horários dos professores devido à atribuição de aulas nessa nova unidade escolar. Outro ponto a ser tratado são as aulas duplas que viabilizavam o trabalho no laboratório didático e que não foram mantidas, ficando uma aula de Física num dia e outra aula em outro dia. De qualquer forma, realizamos um processo de ensino de conceitos básicos da Termodinâmica partindo de temas contextualizados e utilizando o laboratório didático com os terceiros anos que rendeu

resultados animadores, comentaremos sobre eles mais adiante.

Já em 2009, pudemos trabalhar de forma mais bem estruturada, pois o material enviado pelo governo¹⁰ convergia para o tema, o horário não sofreu mudança, os equipamentos de laboratórios já estavam disponíveis, e a necessária (para o trabalho em laboratório didático) aula dupla foi mantida.

As reuniões se intensificaram e os professores responsáveis pelas disciplinas elaboraram uma ficha contendo as atividades aplicadas, as habilidades pré-selecionadas para aquela atividade e o número de chamada de cada aluno. Nessa ficha podíamos marcar qual aluno apresentou determinada habilidade no decorrer da aplicação da atividade. Vale ressaltar aqui que o fato de estarmos em dois professores na sala de aula, o professor pesquisador e a professora efetiva a qual havia sido atribuída essas aulas no início do ano letivo, facilitou sobremaneira o registro dos dados.

Ao final de cada mês, apresentávamos, numa reunião geral, as atividades desenvolvidas pelas disciplinas detalhando as habilidades que puderam ser desenvolvidas nos alunos, especificando qual aluno apresentou determinadas habilidades. Um dos objetivos desse registro era, ao final, observar se um determinado aluno que tenha desenvolvido habilidades numa determinada área, também tenha apresentado evoluções, mesmo que em habilidades específicas, em outras áreas. Caso não se observe evolução global daquele aluno, ou seja, em alguma disciplina específica, não houve um aproveitamento satisfatório, e toda a equipe participante do projeto poderia pesquisar e discutir as possíveis causas e aprimorar o trabalho.

¹⁰ Caderno enviado pela Secretaria Estadual de Educação: ciências da natureza e suas tecnologias: Física. Caderno do aluno, ensino médio, segunda série, volume 1 – 2009.

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA DA PESQUISA

1. Considerações sobre a Pesquisa Qualitativa.

A pesquisa realizada por nossa equipe buscou entender a contribuição específica dos trabalhos práticos, partindo do pressuposto de que essa contribuição é significativa e contundente. Para tanto, articulamos a contextualização a trabalhos laboratoriais, investigando fenômenos reproduzidos no laboratório a fim de estabelecer relações com as experiências cotidianas pessoais, sociais e ambientais e, assim, construirmos conceitos científicos. A contextualização teve sua gênese no projeto interdisciplinar, citado no capítulo III, que articulava o macro tema: Impactos da cultura da cana-de-açúcar e seus subprodutos à disciplina de Física, especificamente no estudo da Física Térmica ou Termodinâmica, pois o álcool combustível, sob o ponto de vista de sua utilização nos motores térmicos e em comparação com o diesel e a gasolina, é fonte de energia menos poluente o que ajuda nos esforços para conter o Aquecimento Global. Também esse tópico articulava os interesses da Secretaria Estadual de Educação do Estado de São Paulo, pois o conteúdo do material por eles enviado para o segundo ano do ensino médio era justamente a Termodinâmica, logo reunimos múltiplos interesses nas atividades

que se seguiram.

O método qualitativo é bastante adequado, haja vista que a complexidade da sala de aula rejeita uma forma puramente quantitativa de pesquisa, pois não podemos desprezar variáveis não representativas, mas sim considerar que todas as variáveis são importantes além de trabalhar com opiniões, com valores, com atitudes, representações, etc. e buscar certa profundidade nesses aspectos. É preciso descrever as ações planejadas, o encadeamento sucessivo dessas ações, as manifestações dos alunos, em seguida comparar e interpretar as atividades do início dos trabalhos práticos e do final para avaliar a evolução individual de nossos alunos e com essa compreensão das atividades, buscamos a confirmação ou não dos nossos pressupostos.

Enquanto estudos quantitativos geralmente procuram seguir com rigor um plano previamente estabelecido (baseado em hipóteses claramente indicadas e variáveis que são objeto de definição operacional), a pesquisa qualitativa costuma ser direcionada ao longo de seu desenvolvimento; além disso, não busca enumerar ou medir eventos e, geralmente não emprega instrumental estatístico para análise dos dados; seu foco de interesse é amplo e parte de uma perspectiva diferenciada da adotada pelos métodos quantitativos. Dela faz parte a obtenção de dados descritivos mediante contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo. (NEVES, 1996)

Isso posto fica evidente que a pesquisa qualitativa é mais participativa e, por mais que os objetivos estejam claros, os caminhos para atingi-lo são menos controláveis, pois não foram raras as situações em que a nossa interação com os alunos redirecionou a pesquisa obrigando-nos a trazer atividades não previstas, realizar experimentos complementares e alterar alguns procedimentos, pois a qualidade das respostas e reações dos alunos é mais útil, nessa abordagem, do que a contagem das vezes em que uma determinada resposta aparece. Essas situações evidenciam o caráter interacionista da proposta, uma vez que não tínhamos uma seqüência fechada, mas sim flexível, podendo ser direcionada a qualquer momento, de acordo com as necessidades do grupo e com a nossa intencionalidade

educativa.

Como pesquisadores qualitativos não nos preocupamos apenas com o resultado final das nossas atividades, ou seja, com o produto que conseguiríamos com a aplicação das atividades previstas na sequência didática, mas procuramos ressaltar o processo também, pois não podemos entender o comportamento e as reações dos alunos, se não compreendermos as idéias de senso comum, as concepções com as quais convivem, ou, em outras palavras, a estrutura de significação na qual o aluno está inserido e que regem seus pensamentos e ações.

Ainda no âmbito da complexidade da sala de aula e da relação aluno/professor, existem muitos aspectos difíceis de quantificar, aspectos bastante particulares. Por exemplo, podemos citar uma situação no laboratório didático em que um aluno que estava disperso e atrapalhava o andamento da atividade com conversas paralelas e ao invés de nos irritarmos, o chamamos para nos auxiliar na montagem de um experimento demonstrativo que demandava a ajuda de um aluno. Observamos a participação desse aluno e notamos que seu comportamento mudou diametralmente, e, nos experimentos seguintes, esse aluno participou da execução dos experimentos investigativos, ao invés de ficar apenas olhando.

De modo diferente da pesquisa quantitativa, os métodos qualitativos consideram a comunicação do pesquisador com o campo e seus membros como parte explícita da produção de conhecimento, ao invés de excluí-la ao máximo como uma variável intermédia. As subjetividades do pesquisador e daqueles que estão sendo estudados são parte do processo de pesquisa. As reflexões dos pesquisadores sobre suas ações e observações no campo, suas impressões, irritações, sentimentos, e assim por diante, tornam-se dados em si mesmos, constituindo parte da interpretação, sendo documentadas em diários de pesquisa ou em protocolos de contexto. (FLICK, 2004; p.22)

Apesar de podermos distinguir métodos quantitativos de qualitativos eles não se excluem e, portanto, não seria correto dizer que são métodos antagônicos, pois podem se combinar em pesquisas que procuram diagnosticar um fenômeno, descrevendo-o e

interpretando-o, mas também essa mesma pesquisa pode se preocupar em desvelar o fenômeno a partir de seus determinantes, buscar as relações denexo causal (NEVES, 1996). Ainda conforme Neves (1996), a combinação dos dois métodos de pesquisa pode suprir as deficiências da adoção de apenas um dos métodos. Apesar de Flick (2004) afirmar que a pesquisa qualitativa se tornou independente, ele também cita que a combinação dos dois métodos gerou uma perspectiva que é debatida e praticada em vários níveis, dentre eles inclui-se a epistemologia dos métodos e sua incompatibilidade epistemológica, planos de pesquisa que integrem métodos qualitativos e quantitativos, e o vínculo que as descobertas realizadas na pesquisa qualitativa pode ter com as descobertas da pesquisa quantitativa e a possibilidade da generalização das descobertas. Duffy (1987 *apud* NEVES, 1996) aponta vários benefícios que podem emergir da integração entre esses dois métodos, dentre eles destacamos:

1) Pelos métodos quantitativos pode-se associar um controle dos vieses com a compreensão advinda da metodologia qualitativa da perspectiva dos agentes que estão envolvidos no fenômeno.

2) Pelos métodos quantitativos é possível identificar variáveis específicas, analisar detalhadamente as partes constituintes do fenômeno e congregá-las a visão global que se tem do fenômeno pressuposta pelo método qualitativo, ou seja, entendemos que este benefício citado pelo referido autor nos exorta a analisar as partes para melhorar a síntese que teremos do todo, numa dialética que vai das partes para o todo e do todo para as partes.

3) O conjunto de fatos e causas levantados pela metodologia quantitativa pode ser completado pela compreensão do dinamismo da realidade abarcado pelos métodos qualitativos.

4) As constatações obtidas sob condições controladas podem ser enriquecidas

por dados que o contexto natural de ocorrência pode fornecer.

Não obstante a esses benefícios, Flick (2004; p.276) revela que existem poucos exemplos de procedimentos metodológicos que integram as estratégias quantitativas e qualitativas.

São poucos os exemplos de construção de procedimentos metodológicos que realmente integram as estratégias qualitativas e quantitativas em um método. Muitos questionários incluem perguntas abertas ou de texto livre, o que já é definido, em alguns contextos, como pesquisa qualitativa, embora dificilmente aproveite-se qualquer princípio metodológico da pesquisa qualitativa nessas questões. Novamente, não se trata de uma combinação clara das duas formas de pesquisa, mas sim de uma tentativa de encontrar uma tendência. [...]Nessas tentativas, a relação entre a classificação e a interpretação permanece bastante obscura, e desenvolver métodos qualitativos/quantitativos de coleta de dados ou de análise de dados realmente integrados continua sendo um problema sem solução. (FLICK, 2004, p.276)

Ainda de acordo com o autor, a junção dos resultados de pesquisas qualitativas e quantitativas em um mesmo projeto ou em projetos diferentes, resultados obtidos simultaneamente ou um após o outro podem objetivar a obtenção de um conhecimento mais amplo do propósito em estudo, além de uma validação mútua dos resultados advindos dos estudos qualitativos e quantitativos e ocorrendo uma convergência, haverá sustentação mútua das conclusões. No entanto, o autor nos adverte que uma possível consequência, também, pode se configurar na divergência e contradição dos resultados obtidos por essas diferentes abordagens. Não obstante aos aspectos em foco das abordagens qualitativas e quantitativas serem diferentes, as divergências e contradições deverão ser analisadas e estudadas novamente, pois o ideal é que se complementem.

2. A pesquisa qualitativa e as questões.

A pesquisa aqui realizada apresenta todas as características de uma pesquisa qualitativa, pois de acordo com GODOY (1995, p.62), apesar da diversidade dos trabalhos abarcados sob o âmbito da pesquisa qualitativa, alguns aspectos fundamentam todas as pesquisas com essa orientação. A propósito, esses aspectos prevêm o contato do pesquisador com o ambiente natural para se realizar estudos empíricos e como fonte de coleta dos dados, ou seja, sem manipulação do ambiente ou controle de variáveis, e nossa pesquisa foi realizada no ambiente dos alunos, apesar de prepararmos e equiparmos o laboratório como outro ambiente para a coleta de dados, esse laboratório sempre existiu, apenas estava inutilizado.

Outro aspecto previsto por Godoy é o contato do pesquisador com o fenômeno em seu estado natural de ocorrência. Também atendemos a esse aspecto, pois as aulas ocorriam em seu horário normal estabelecido pela coordenação pedagógica e a professora regular da classe estava presente e atuante durante todo o processo, inclusive utilizando-se das atividades de pesquisa como avaliação, atribuindo notas a essas atividades para compor as notas bimestrais, dessa forma, a pesquisa não ocorreu de forma paralela ao cotidiano escolar, mas integrou-se a ele. Ainda, conforme o autor, “o pesquisador deve usar sua própria pessoa como o instrumento mais confiável de observação, seleção, análise e interpretação dos dados coletados” (GODOY, 1995; p.62). Conforme poderá ser observado no próximo capítulo, selecionamos e aplicamos as atividades, observamos as reações dos alunos, analisamos e interpretamos as diversas atividades aplicadas em sala de aula ou no laboratório.

A pesquisa qualitativa considera que a escolha do método mais adequado

pressupõe uma compreensão específica dos objetos de estudo e estão articulados tanto ao processo de pesquisa quanto aos objetos de estudo, logo os métodos qualitativos não podem ser analisados independentemente desse processo sendo mais bem entendidos dentro desta perspectiva de processo (FLICK, 2004).

A descrição dos instrumentos de coleta de dados, a interpretação dos dados e apresentação dos dados será evidenciada no processo.

Um ponto fundamental da pesquisa qualitativa consiste em formular a questão ou as questões de pesquisa e, no âmbito, desse tipo de pesquisa, esse ponto é crucial não apenas no começo quando formulamos o projeto de pesquisa, mas durante a execução do projeto de pesquisa, ou seja, “ao conceitualizar o plano de pesquisa, ao entrar no campo, ao selecionar os casos e ao coletar dados” (FLICK, 2004, p.63).

A questão fundamental deste projeto de pesquisa configurou-se em constatar e aferir as contribuições dos trabalhos práticos (em laboratório ou sala de aula) para o ensino de conteúdos da Física, mais especificamente da Termodinâmica, pois como já dissemos esses conteúdos desse projeto específico da disciplina de Física estão articulados ao projeto mais abrangente citado no capítulo III. No entanto, a cada conteúdo específico trabalho, havia uma questão específica previamente formulada e com a possibilidade aberta de ser reformulada, a formulação dessas questões específicas atendia aos objetivos de esclarecer os resultados que teríamos ao levarmos para sala de aula e para o laboratório, as atividades e experimentos formulados. De acordo com Flick, é necessário elaborar a questão de pesquisa com clareza, pois se assim não fizermos correremos o risco de acabar impotente quando formos tentar interpretar os dados, que em nosso caso são abundantes e de diversas naturezas, conforme será revelado resumidamente no próximo item e na íntegra no capítulo V.

A formulação clara da(s) questão(ões) de pesquisa não implica em “fechar o foco” impedindo uma certa abertura para resultados não previstos e, possivelmente, surpreendentes, pois ainda de acordo com Flick, o “princípio de abertura” que rege a pesquisa qualitativa questiona a formulação prévia de hipóteses, mas pressupõe a elaboração clara da questão de pesquisa.

Idéias claras a respeito da natureza das questões de pesquisa buscadas são também necessárias para verificar se as decisões metodológicas são apropriadas nos seguintes aspectos: quais os métodos necessários para responder às questões? É realmente possível estudar a questão de pesquisa com os métodos escolhidos? A pesquisa qualitativa seria a estratégia adequada para responder a essas questões? (FLICK, 2004, p.63-64).

A seqüência de atividades, ou seqüência didática que elaboramos, articulou diferentes atividades cada uma com seus objetivos específicos e instrumentos de coleta de dados que nos deram respostas sobre a eficiência destas atividades e sua contribuição para construção de conceitos específicos. Conforme Zabala, os métodos podem ser identificados pelas atividades que os constituem, “mas que adquirem personalidade diferencial segundo o modo como se organizam e articulam em seqüências ordenadas” (ZABALA, 1998, p.18).

3. Os instrumentos de coleta.

Destacaremos aqui resumidamente os instrumentos de coleta, pois o detalhamento desses instrumentos e a categorização dos dados que eles nos permitiram coletar junto aos alunos constarão no capítulo V deste trabalho.

Iniciamos com o Efeito Estufa e a problemática do Aquecimento Global, o estudo temático que permitiu articular nossa disciplina ao projeto FAPESP/UNESP, que

avalia os impactos da cultura da cana-de-açúcar e seus subprodutos. Logo, nosso primeiro instrumento de coleta de dados foram duas questões que solicitaram dos alunos suas noções sobre esse tema tão presente nos veículos de comunicação (ver capítulo V, 1ª e 2ª aulas). Queríamos levantar quais as noções que nossos alunos tinham sobre o Efeito Estufa e se conseguiam diferenciá-lo do Aquecimento Global.

Após garantirmos a contextualização desta parte da Física, ou seja, da Termodinâmica e seguindo uma lógica formal já consagrada em trabalhos de pesquisa e livros como Carvalho *et al* (1999) e Gaspar (2000 e 2009), partimos para a discussão da Lei do Equilíbrio Térmico e Sensações Térmicas. Iniciamos investigando a confiança que os alunos tinham em suas sensações táteis através de questões abertas e cotidianas.

Esse instrumento nos revelou que a concepção de que o tato é confiável na medição de temperaturas foi unânime em nossos alunos (ver 3ª e 4ª aulas, capítulo V) e, comumente, persiste na maioria dos alunos egressos do ensino médio isso revela que os alunos egressos não aprenderam significativamente esses conteúdos. Isso justificou o experimento das bacias com água quente, fria e à temperatura ambiente para investigarmos a confiabilidade das sensações humanas, a despeito da dificuldade prática de manter a água quente e a água gelada nessas condições. A interação com os alunos nos levou a reelaborar o experimento, fizemos uma pequena variação nesse experimento, o experimento e a intervenção estão descritos também nas 3ª e 4ª aulas já citadas acima. Essa intervenção foi conveniente e mostrou bem a natureza qualitativa de nossa pesquisa, pois como pesquisadores estávamos imersos na sala de aula interagindo com os alunos e essa relação nos levou a complementar algumas atividades no intuito de darmos mais qualidade às nossas aulas. Essa reflexão constante e a observância das interações *in loco* constituem o trabalho do pesquisador para além da simples execução de um planejamento bem

elaborado.

Logo em seguida discutimos as sensações térmicas e pedimos um relatório para cada aluno. Esperávamos que seus relatos respondessem se o experimento foi significativo e a análise dos relatórios pode ser vista no quadro 6 (capítulo V).

Em seguida, como os alunos constataram a ineficiência do corpo humano como medidor de temperaturas, discutimos a confecção de um instrumento para tal finalidade e, em mais um trabalho laboratorial, construímos um termoscópio com o intuito de mostrarmos aos alunos a variável macroscópica da dilatação e da contração térmica, vale ressaltar que esse experimento serviu muito bem a esse propósito, conforme pode ser conferido na 5ª e 6ª aulas (capítulo V), pois, a princípio a idéia era que cada grupo construísse um termoscópio conforme descrito nessas aulas e pedir para os alunos segurá-lo entre as mãos de maneira a fornecer calor para a substância termométrica fazendo-a dilatar, mas após perceber que o líquido dilatava, alguns alunos esfregaram as mãos para obter mais aquecimento e segurar o termoscópio, logo em seguida o grupo de alunos resolveu que todos deveriam segurar o termoscópio ao mesmo tempo, o instrumento simplesmente desapareceu sob diversas mãos. Ao vermos a empolgação dos alunos, resolvemos esquentar água com o ebulidor e deixamos que eles colocassem os termoscópios em água fervente, obviamente o líquido se expandiu rapidamente e intensamente, extravasando pelo canudo. Estragamos o termoscópio, mas potencializamos o fenômeno da dilatação com o aquecimento e em seguida pedimos para que eles colocassem numa outra bacia com água fria, o que resultou na rápida contração da substância termométrica (álcool colorido).

A reação inesperada dos alunos de esfregar as mãos antes de tocar no termoscópio nos levou a incluir essa prática adotada por eles quando estudamos o conceito

de calor como energia, lembrando-os que ao esfregarem as mãos convertiam energia mecânica em calor transmitido ao termoscópio. Nesse caso podemos dizer que as variações surgidas no trabalho prático foram tão proveitosas quanto a sequência que havíamos previsto, mas essas variações partiram das atividades planejadas previamente e foram as atividades planejadas que deram suporte para as variações, pois após realizarem as formas mais básicas da experimentação e a compreenderem, se sentiram seguros para usar a criatividade.

Novamente pedimos um relatório, cujo objetivo era que os alunos relatassem as mudanças macroscópicas que uma substância sofre quando se aquece e se resfria. As conclusões dos alunos foram escritas no final da 5ª e 6ª aulas (capítulo V).

Nesse momento não tínhamos intenção de entrar no micro mundo e explicar o que acontece a nível microscópico, algo que seria trabalhado no próximo experimento, portanto nas aulas seguintes trouxemos um texto histórico que apresentava as escalas Celsius e Fahrenheit e, com esse recurso, discutimos a passagem do termoscópio para o termômetro, ainda não conceituamos temperatura com uma medida da energia cinética média das partículas, haja vista que na época de Celsius e Fahrenheit a visão microscópica da matéria ainda não estava estabelecida e suas escalas foram concebidas através dos efeitos macroscópicos do aquecimento e resfriamento da substância termométrica, por isso deixamos a escala Kelvin e a noção de zero absoluto para ser introduzida após o experimento em que discutiríamos as causas microscópicas da dilatação.

Após apresentarmos as escalas Celsius e Fahrenheit, recorreremos à Matemática para estabelecermos uma equação de conversão entre essas escalas, neste momento percebemos que não houve muita dificuldade no entendimento da necessidade da conversão, mas na dedução da equação e na sua utilização para a resolução das questões

sentimos a defasagem do ensino da Matemática, pois tínhamos que ir quase de carteira em carteira para auxiliá-los, mas pelo menos esse instrumento nos mostrou que não obstante a essa dificuldade, a situação física havia sido bem compreendida.

Após a lista de exercícios voltamos aos trabalhos laboratoriais que introduziram a noção microscópica da matéria, através da experiência da expansão e contração de gases numa garrafa PET. O experimento, seu relatório e os resultados podem ser vistos nas 9ª e 10ª aulas, capítulo V. Em seguida, introduzimos a escala Kelvin e a noção de zero absoluto e trouxemos exercícios para as 11ª e 12ª aulas, inclusive questões de vestibulares, mas para a 13ª e 14ª aulas, já um pouco distante do experimento, haja vista que neste intermédio houve uma semana, após a 11ª e 12ª aulas, em que não tivemos aulas de Física. Esse intervalo de tempo foi conveniente, pois nos deu um bom distanciamento para utilizamos um instrumento que iria responder uma questão de pesquisa fundamental e específica para esta atividade, ou seja, trouxemos para a sala de aula um artigo de jornal que simulava um aumento do nível do mar em até 1,5 metro até o final do século e lançamos duas questões:

- 1) Discuta quais as possíveis razões para a elevação do nível do mar.
- 2) Na sua opinião existe alguma relação entre a elevação do nível do mar e o experimento realizado no laboratório (experimento com a garrafa pet).

O quadro 8 e o quadro 9 no capítulo V categoriza as respostas dos alunos, mas adiantamos que essa atividade nos respondeu que o trabalho laboratorial foi significativo e que as concepções trabalhadas neste contexto tiveram o mérito de atrair a atenção dos nossos alunos e contribuíram para construir a concepção cinético-molecular na explicação da expansão térmica, pois uma parcela significativa dos alunos explicaram convenientemente que uma das causas do aumento do nível do mar é a dilatação térmica

das águas, pois se todo material aquecido dilata, as águas dos oceanos não iriam se comportar de outra maneira ao sentirem os efeitos do Aquecimento Global.

Com a termometria e a concepção cinético-molecular já abordadas, partimos para a Calorimetria e novamente utilizamos questões abertas como instrumento inicial de contextualização e ligação com a realidade de nossos alunos. Em seguida, para construirmos a concepção de Capacidade Térmica, agrupamos os alunos para um trabalho laboratorial em que verificaríamos o aquecimento de uma amostra de 100 gramas de água e uma amostra de 100 gramas de óleo sob as mesmas condições. Com um cronômetro e um termômetro os grupos preencheram uma tabela (ver 17ª e 18ª aulas, capítulo V) e, posteriormente, com os dados desta tabela construíram gráficos de aquecimento da água e do óleo e também de uma amostra de 50 gramas de água.

Esses instrumentos se revelaram úteis, pois nas questões abertas os alunos já haviam respondido que quantidades iguais de substâncias diferentes, água e metal, por exemplo, aqueciam-se diferentemente e o experimento corroborou essa concepção e a aprofundou, sistematizando e quantificando através de uma equação que pôde ser deduzida a partir dos resultados.

Para a discussão do conceito de Calor como uma forma de energia, realizamos um experimento demonstrativo em que queimamos quantidades iguais de alimentos, noz, castanha-do-pará e torrada e verificamos o aquecimento produzido em uma quantidade de água, anotamos as variações de temperatura o que serviu de base para averiguarmos a quantidade de “calorias” presentes nos alimentos, em seguida distribuimos um texto histórico que investigava a natureza do Calor através das experiências do médico Julius Robert Von Mayer e James Prescott Joule, neste momento aproveitamos as atitudes espontâneas de alguns alunos, por ocasião do experimento com o termoscópio, de esfregarem as mãos para aquecerem mais o termoscópio e dilatar mais o líquido, assim

conceituamos Calor como uma forma de energia.

Após discutirmos o conceito de Calor como uma forma de energia em trânsito, realizamos experimentos sobre transmissão de calor e, como já estávamos no final do mês de novembro, elaboramos uma lista com questões para aferir se as concepções sobre sensações térmicas, suas relações com o material que tocamos e a noção sobre dilatação térmica haviam sido compreendidas e se os alunos haviam adquirido as competências necessárias para mobilizar os conhecimentos construídos para responder as questões que apresentamos.

Como os experimentos sobre sensações térmicas foram realizados no mês de abril e os de expansão no decorrer de abril e início de maio, pudemos garantir um bom distanciamento para responder à questão fundamental deste trabalho que é a contribuição dos trabalhos práticos na aprendizagem significativa de conteúdos da Física. O resultado pode ser conferido no final do capítulo V.

CAPÍTULO V

AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO LABORATÓRIO

1. A montagem do laboratório.

Para podermos realizar experimentos de Física, particularmente de Física Térmica ou Termodinâmica, é necessário um espaço com bancadas, cubas com torneiras, fontes de calor, caixas termicamente isoladas para conservar gelo para as práticas, armários para vidrarias, termômetros, etc. Apesar de podermos fazer muitos experimentos em sala de aula, a previsão de um espaço adequado para as práticas laboratoriais é fundamental para trabalharmos, dada a maior facilidade de acomodação dos instrumentos, e de tê-los sempre à mão, de aquecimento da água ou de qualquer outra substância, de armazenamento do gelo, e maior acesso a panos, toalhas, etc., pois, uma sala de aula comum não oferece esses itens dificultando, embora não impedindo, as práticas laboratoriais.

Não obstante a essa necessidade, é raro uma escola pública que mantém seu laboratório em ordem e funcionando, uma vez que este é visto como algo supérfluo e que, comumente, acaba adquirindo novas funções bem distantes de seu real objetivo e, mesmo

em casos em que o laboratório resiste montado, é difícil vê-lo funcionando adequadamente, visto que deslocar alunos para o laboratório didático e depois trazê-los de volta para a sala de aula causa um movimento que em geral não é bem visto pelos coordenadores e inspetores de alunos.

A escola que escolhemos para desenvolver o projeto não fugia à regra pois, no espaço destinado a funcionar originalmente como laboratório didático, cadeiras, carteiras e diversos objetos velhos se amontoavam no seu interior. Já as bancadas com cubas e torneiras, e os armários para guardar vidrarias estavam cobertos de poeira e entulho; o forro, telhado, calhas, etc. estavam deteriorados e precisavam de uma ampla reforma para poderem cumprir sua verdadeira função.

Conforme previsto no projeto inicial, os recursos disponibilizados pela FAPESP para a reforma do laboratório da E.E. Major Prado foram implementados. Enquanto a reforma seguia seu curso, iniciamos a análise de quais experimentos seriam úteis para construirmos os conceitos básicos da Termodinâmica. Vale dizer que muitos experimentos realizados, inclusive os experimentos que iniciaram nosso trabalho laboratorial, foram concretizados com materiais do dia-a-dia¹¹, materiais, estes, que seriam descartados, como garrafas PET, canudos de refrigerante, pequenas garrafas de vidro ou plástico como aquelas que contêm sucos concentrados de caju, uva, etc. e também, com materiais de baixo custo de aquisição como pequenas mangueiras de borracha tipo “tripa de mico”, massa epóxi, álcool colorido, óleo de cozinha, bacias, etc.

¹¹ Muitos experimentos de Física com materiais do dia-a-dia podem ser encontrados no site: www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/. Esses experimentos são disponibilizados com os seguintes dados científicos: objetivo, contexto, idéia do experimento, tabela de materiais a serem utilizados, montagem e comentários. São experimentos simples e fáceis de montar, concebidos de maneira a utilizarem materiais que seriam descartados ou de baixo custo. Outra característica conveniente, tendo em vista a situação dos laboratórios didáticos das escolas públicas, é a facilidade de realizar esses experimentos em sala de aula. Alguns experimentos que realizamos foram divulgados numa oficina de Termodinâmica, por ocasião do II Encontro de Ensino de Ciências, Física e Astronomia realizado na PUC – SP no período de 14 a 16 de

Além dos recursos disponíveis para a reforma, havia também a previsão de uma verba para compra de materiais de laboratório. Assim, analisamos catálogos de empresas fabricantes de equipamentos de laboratório para selecionarmos aqueles que nos auxiliariam na pesquisa, e encontramos nesses catálogos um kit de Calorimetria e Termometria com diversos equipamentos importantes para o desenvolvimento e o andamento do projeto. Seguem abaixo os equipamentos que constam do kit de Calorimetria e Termometria:

- 01 termoscópio;
- 01 termômetro – 10° C a 110° C;
- 01 termômetro clínico;
- 01 termômetro de máxima e mínima;
- 01 calorímetro copo interno 220 ml de alumínio, e tampa com furo para termômetro;
- 01 copo béquier de vidro 250 ml;
- 01 carretel de linha;
- 03 corpos de prova em alumínio;
- 03 corpos de prova em ferro;
- 01 aquecedor elétrico de imersão 1000 W;
- 01 tela de amianto;
- 01 queimador à álcool gel com abafador, tampa e reservatório;
- 01 tripé triangular de ferro zincado;

Compramos também termômetros digitais utilizados para desenvolvermos o conceito de temperatura e calor, conforme veremos adiante. Também compramos um anel de Gravesand que se constitui de:

- 01 esfera de metal de diâmetro igual a 29 mm com cabo de 16 cm;
- 01 anel de metal de diâmetro interno de 29 mm com cabo de 16 cm.

Conforme constava no catálogo do fabricante, este instrumento didático, idealizado pelo matemático e físico holandês Willem Jacob's Gravesand (1688 – 1742), tem o intuito de demonstrar, de maneira simples e eficaz, que substâncias sólidas suficientemente aquecidas dilatam-se de maneira perceptível. Ora, é justamente esse o objetivo da compra deste equipamento: demonstrar a dilatação superficial, através do aumento do diâmetro do anel, e a volumétrica, através da expansão da esfera.

Com o intuito de estudar transformações gasosas e também o motor termodinâmico em sua função de transformar energia térmica em energia mecânica por meio da expansão do vapor de água, adquirimos, da mesma empresa, uma máquina à vapor que constitui-se num recurso tecnológico interessante, pois se percebe claramente o aquecimento da caldeira e o vapor sendo formado, e conseqüentemente, o pistão se movimenta a grande velocidade no interior do cilindro. Esse movimento mecânico, por sua vez, está ligado a um gerador elétrico que fornece energia elétrica para acender um painel com LED's. Portanto, temos o calor liberado pela combustão convertendo-se em energia mecânica (movimentação dos pistões) e esta em energia elétrica (acendimento dos LEDs). Esta máquina foi adquirida por considerarmos que, em certos conteúdos, a visualização do modelo permitiu uma melhor compreensão dos fenômenos que abordamos. Atualmente nossos alunos têm contato com um mundo no qual os recursos tecnológicos são abundantes e avançam rapidamente. Conseqüentemente, nós professores, não podemos mais prescindir dos recursos tecnológicos e continuar apenas com livros, lousas e giz, pois, dessa forma, corremos o risco de não motivar os alunos.

2. Os métodos utilizados para os trabalhos práticos e seus resultados

Ao iniciarmos as aulas com situações – problemas, permitimos a aproximação do Conhecimento Científico com o cotidiano dos alunos e, assim, pudemos confrontar os conhecimentos prévios (senso comum) com os experimentos e situações apresentadas pelo professor. Os trabalhos práticos, se ignorados, resultam muito provavelmente em duas estruturas de conhecimentos paralelas, que fornecem duas interpretações para um mesmo fenômeno. Uma dessas interpretações, utilizando as Leis da Física, será usada, pelos alunos, apenas em situações de prova, ou de exercícios, e a outra interpretação, utilizando o senso comum, será utilizada em situações cotidianas. No entanto, conforme observação feita pelo GREF (1999, p.15-16), a Física como instrumento para a compreensão do mundo possui uma beleza conceitual ou teórica que, por si só, pode tornar seu aprendizado agradável. Assim, nós professores, devemos nos esforçar para não comprometermos esse instrumento de compreensão com a confusão comum que se faz entre a Física e o instrumental matemático que ela utiliza. Em geral, o que ocorre é a exposição dos alunos ao aparato matemático-formal antes de compreenderem significativamente os conceitos. No nosso entender, apenas após essa compreensão é que se deveria recorrer à matemática para quantificação e dimensionamento dos fenômenos. Assim, fechar-se-ia o ciclo no qual o aluno parte da linguagem coloquial, do senso comum nos quais não se faz diferenciação dos conceitos de calor, temperatura, calor sensível, calor latente, etc., e chegue a uma linguagem científica¹², em que cada um desses conceitos tem um significado específico e também são relacionados com uma linguagem matemática que os dimensiona.

Portanto, o domínio das linguagens científica e matemática deve ser um dos objetivos de um curso de Física em nível médio. Infelizmente, não observamos esse

¹² Ver: CARVALHO, A. M. P. et al, **Termodinâmica**: um ensino por investigação. São Paulo, Edusp, 1999.

domínio nos alunos egressos desse nível de ensino. Uma possível maneira de se evitar essa deficiência seria a problematização, ou seja, apresentar questões e situações para discussão com os alunos, utilizando uma linguagem comum tanto ao professor quanto ao aluno. Essa situação deverá estar contida no universo de vivência de ambos, conforme Carvalho: “... é importante que uma atividade de investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele é apresentado” (CARVALHO et al., 1999, p.43).

Ao ocupar-nos com esses pressupostos, lançamos a proposta de trabalhar a Física Térmica ou Termodinâmica, utilizando como tema gerador um fenômeno extremamente importante para a manutenção da vida no planeta: o Efeito Estufa e a problemática do aquecimento global. Dessa forma, pudemos desvelar os conceitos de calor (seus efeitos sensível e latente) e de temperatura, pois, quando se veicula notícias sobre este tema, uma das informações quase onipresentes são as temperaturas médias do planeta atualmente: o quanto elas aumentaram e as projeções para as próximas décadas são os motes escolhidos para iniciarmos a termometria. Com isso pretendemos ajudar a esclarecer, entre outras coisas, a confusão feita pelo senso comum entre o Efeito Estufa e o Aquecimento Global.

Para a obtenção desses objetivos procuramos desenvolver atividades teórico – práticas descritas a seguir e nas quais procuramos apresentar a evolução conceitual dos alunos no decorrer da pesquisa.

1ª e 2ª aula:

Para a primeira aula buscamos identificar as concepções dos alunos sobre o fenômeno ‘Efeito Estufa’ e a problemática do ‘Aquecimento Global’ por meio de duas perguntas:

- 1) Quais são as noções que você tem sobre o Efeito Estufa?

2) Esse fenômeno é bom ou ruim?

Apresentamos, a seguir, o Quadro 01 e 02 que revelam as concepções dos alunos em categorias que permitem uma visão sintética desta primeira atividade.

Sobre a primeira questão: **Quais são as noções que você tem sobre o Efeito Estufa?**

Quadro 01: Respostas da primeira questão separadas em categorias.

Noção positiva
“Eu acho que esquento o ar”¹³ (A01; A38). “O Efeito estufa é importante para o planeta Terra ele retem o calor e ameniza as temperaturas” (A12; A13; A19). “Eu acho que ele é quente” (A21). “São que é muito importante para nós, o efeito estufa é uma coisa que esquento e faz efeito” (A29) “É um fenômeno natural que ocorre no Planeta Terra” (A30). “Ele retifica o calor” (A31).
Noção negativa
a) Alunos que relacionaram Efeito Estufa com: Sol, luz, temperatura e calor em seus dois efeitos, ou seja, aquecimento e derretimento de geleiras. “Que são gases que permitem a passagem de luz solar mas atrapalhando nas onda de calor”¹⁴ (A04; A05). “Uma péssima noção, nem entendo muito sobre isso, mas sei que não é bom para o planeta”. (A07). “O efeito Estufa faz com que a terra fique cada vez mais quente prejudicando a raça humana”(A09; A15; A24; A39). “ele aumenta a temperatura da Terra causando o derretimento dos polos” (A26; A36) “A minha noção sobre o efeito estufa e que energia que vem do sol passa pela a atmosfera e fica voltada na terra, esse calor que fica na terra a atmosfera não deixa sair, aquecendo a terra” (A32). “acho que o efeto estufa e um calor que vem para a terra e aquece o

¹³ Essa resposta ficou caracterizada como positiva, pois na questão 2 (complementar à questão 1) o aluno A01 escreveu que acha o fenômeno “bom para nós”. O mesmo aconteceu com os alunos: A21, A31 e A38, confira no Quadro II.

¹⁴ Apesar da explicação próxima da concepção científica, esses alunos (A4 e A5) classificaram o fenômeno como sendo ruim na questão 2.

nosso Planeta, e acontese o Aquecimento Global” (A34).

“Eu não entendo muito sobre o efeito estufa mas acho que é algo prejudicial e que ajuda a manter o calor” (A41).

b) Alunos que em, ao menos, uma das questões relacionaram o Efeito Estufa com poluição e ações antrópicas.

“Que quanto mais se polui o ar mais ele vai almentar e aquecer o planeta” (A02; A40).

“Minha noção é que o homem está destruindo o Planeta, fazendo com que as geleiras e os gelos se derretam, por causa do calor exessivo” (A03; A06).

“Quanto mais poluímos o ar a camada de ozônio vai se abrindo, ou seja se desfazendo, fazendo com que o sol penetre mais ainda na terra com muito mais radiação” (A14).

“no inicio eu entendia que efeito estufa era um fenomeno muito prejudicial para o planeta terra. Isso era provocado por industrias, carros desmatameto, queimada, etec. que produzem gases que são soltos no planeta” (A18).

“Eu acho que ele faz calor por que ele vem do sol”¹⁵ (A20).

“A noção que eu tenho é de que o efeito estufa é ruim para o planeta, causando muito calor, poluindo o ar, derretendo as geleiras, etc.” (A27; A25).

“Com a poluição existe um almento de temperatura no planeta derretendo as calotas polares e mudando o dia a dia dos animais” (A42).

A aluna A37 não está devidamente alfabetizada:

“porque é terra quente sobreplant a calor e e feito” (A37).

Constatamos que, não obstante a divulgação do fenômeno nas séries apresentadas em telejornais e programas, este enfoque dado ao assunto pela mídia acaba confundindo e gerando preconceitos não apenas em nossos alunos, mas na sociedade em geral, pois lhes falta a base científica. O conhecimento do Ensino Fundamental e Médio se devidamente relacionados seriam suficientes para o entendimento do fenômeno e de suas

¹⁵ A aluna A20 está nesta categoria, pois na segunda questão ela relacionou o “lado ruim” como decorrente das queimadas, automóveis, etc. o mesmo ocorre com A25 que escreveu “....nós causamos o Efeito Estufa” na segunda questão

implicações¹⁶, mas o ensino das Ciências (Física, Química e Biologia) baseado somente em métodos memorísticos e matematizados dificultam o estabelecimento de relações que possam ser feitas com base no conhecimento científico.

Idéias oriundas de noções sensacionalistas e/ou fantásticas são bastante predominantes e demonstram a falta de um conhecimento científico mais consistente, pois na segunda questão (Esse fenômeno é bom ou ruim) 09 alunos responderam que o fenômeno é bom para o planeta e 22 alunos classificam o fenômeno como ruim. O Quadro a seguir relaciona os alunos às respostas.

¹⁶ Numa capacitação sobre Termodinâmica dada em 2004 na Diretoria de Ensino da Região de Jaú para 42 professores que haviam assumido aulas de Física em Jaú e região foi solicitado que respondessem, anonimamente a seguinte questão: “A revista ‘Ciência Hoje’ publicou no bimestre março/abril de 1987, uma reportagem intitulada: ‘Efeito Estufa: uma ameaça no ar’. Quais são suas noções sobre esse fenômeno? Você concorda que o Efeito Estufa é uma ameaça ou o título nos traz uma idéia errada sobre esse fenômeno?”. A análise das respostas revelou que 95% dos professores consideraram o Efeito Estufa uma ameaça, muitas respostas davam conta de que era algo decorrente das ações humanas no meio.

Quadro 02: Respostas da segunda questão agrupadas em ‘Bom’ e ‘Ruim’.

Bom
“Eu acho que é bom para nós” (A01) “E ele é muito bom para o Planeta” (A12; A13; A19; A29) “Bom” (A21; A38). “Bom, pois sem ele não teríamos condições de viver” (A30). “é bom, porque sem o Efeito Estufa nós congelaríamos” (A31).
Ruim
“Ruim” (A02; A04; A05; A07; A09; A24; A26; A32; A34; A36; A39; A40; A41; A42) “Ruim, pois estamos prejudicando muito o nosso planeta” (A03; A18). “É Ruim pois foi nos mesmo que fizemos que ocorresse isso e está prejudicando nos mesmo” (A06; A14; A25). “Esse fenômeno é ruim, porque com o passar do tempo a temperatura vai subir cada vez mais” (A15; A32; A34) “É Bom para algumas coisas respiração dos seres vivos, emissão etc. mais também tem o seu lado ruim as queimadas, automóveis etc.” (A20). “É ruim pois tendo o efeito estufa além de poluir o ar, prejudica a população” (A27).

A análise das respostas das duas questões apresentadas acima, incluindo as manifestações orais dos alunos durante a aula que se seguiu, revela concepções de que o Efeito Estufa não é um fenômeno natural, mas provocado pelo homem. Vale ressaltar que essa concepção já era esperada e, no trabalho que se seguiu, ocupamo-nos de discutir o Efeito Estufa como um fenômeno natural e necessário para que a vida se desenvolva no planeta. Com material apropriado (banners e o material enviado pelo governo), passamos a explorar o assunto sem, no entanto, aprofundarmos os conceitos científicos concernentes ao tema, sempre apresentando situações problemáticas abertas, favorecendo a reflexão dos

estudantes sobre a relevância do tema e, dessa forma, possibilitando o interesse pela situação proposta.

3. O Efeito Estufa: formas de abordagem

Para ilustrarmos a importância do fenômeno Efeito Estufa citamos o caso do planeta Mercúrio. No planeta do sistema solar mais próximo do Sol não ocorre o Efeito Estufa e, em sua face voltada para o Sol, atinge temperaturas acima de 400°C, mas, a energia solar recebida durante o “dia mercuriano” é irradiada para o espaço, sem retenção, quando esta face do planeta pelo seu movimento de rotação se coloca do lado oposto ao Sol. Para que os alunos pudessem compreender esse fenômeno, pedimos para eles relatarem suas sensações quando aproximavam suas mãos de um objeto aquecido, por exemplo, uma panela que acaba de sair do fogo sem, no entanto, tocá-la. Mesmo quando aproximando as mãos lateralmente, questionamos se era possível perceber o calor emanado. Alguns alunos, timidamente, respondiam que sim, outros apenas balançavam a cabeça positivamente. Vale ressaltar que essa foi nossa primeira aula e nossos alunos não estavam acostumados a serem questionados acerca de suas concepções ou vivências.

Continuamos a debater o assunto informando que, em Mercúrio, devido a irradiação do calor para o espaço, a temperatura à noite chega aos -170°C. Essa temperatura, sem considerar outros aspectos, já daria poucas chances de propiciar o surgimento da vida. Isto decorre do fato de Mercúrio quase não ter atmosfera para reter parte do calor (radiação infravermelha) recebida durante o dia. Portanto, a atmosfera é imprescindível para reter parte do calor emanado pela superfície do planeta que foi aquecida quando este estava de frente para o Sol. No entanto, não basta uma composição de atmosfera qualquer. Ressaltamos para nossos alunos que Vênus e Marte também têm

atmosfera, assim como nosso planeta, mas a atmosfera venusiana é tão densa que retém grande parte do calor emanado do planeta, o que faz a temperatura deste planeta chegar a cerca de 480 °C. Já a atmosfera marciana é muito tênue, portanto, insuficiente para reter calor e manter a temperatura agradável, chegando a registrar temperaturas de cerca -133 °C.

A atmosfera terrestre, no entanto, se compõem de maneira que parte do calor irradiado pela superfície terrestre escapasse para o espaço; mas outra parte desse calor fosse retida e essa quantidade acaba sendo suficiente e necessária para a vida surgir e se manter

Já o que diz respeito ao Efeito Estufa, trata-se de um fenômeno natural que ocorre no planeta Terra devido à retenção de uma parte do calor (radiação infravermelha) sendo, portanto, responsável por manter nossa temperatura agradável durante a noite¹⁷.

3ª e 4ª aulas

Nestas aulas iniciamos o processo de ensino do conceito de temperatura e equilíbrio térmico aplicando as seguintes questões sobre sensações térmicas:

- 1) Três colheres iguais, de materiais diferentes (plástico, alumínio e madeira) são colocadas em cima de uma mesa, após um período de tempo, você toca as colheres e, ao tocá-las, você terá a mesma sensação? Qual apresentaria uma sensação de frio? Por que?
- 2) As medidas de temperatura a partir de sensações, como o tato (toque de sua mão com o objeto, por exemplo) são confiáveis?

¹⁷ Segue em anexo um texto detalhando um pouco mais e com algumas representações do Efeito Estufa.

- 3) Quando uma enfermeira coloca um termômetro cilindro de mercúrio sob a língua de um paciente, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a leitura. Considerando o corpo do paciente, aquecido e o termômetro inicialmente frio, em relação ao paciente. Explique porque esse intervalo de tempo é necessário.
- 4) A esterilização de instrumentos cirúrgicos que antes era feita em banho de vapor hoje é feita em estufas apropriadas. Por que não é possível esterilizar um termômetro clínico da mesma maneira? Que método você proporia para fazê-lo?



Figura 02: alunos respondendo às questões sobre sensações térmicas.

A análise das respostas dos vinte e oito alunos que responderam às questões está categorizada e o quadro 03 facilita a análise das respostas da primeira questão: - Três

colheres iguais, de materiais diferentes (plástico, alumínio e madeira) são colocadas em cima de uma mesa, após um período de tempo, você toca as colheres e, ao tocá-las, você terá a mesma sensação? Qual apresentaria uma sensação de frio? Por que?

Quadro 3: respostas à primeira questão investigativa.

Sensações térmicas diferenciadas
Todos os alunos responderam que não terão a mesma sensação ao tocar as colheres.
Sensação de frio na colher de alumínio
Também todos os alunos apontaram que a colher de alumínio transmitirá a sensação de frio.
Alunos explicam por que sentem frio ao tocar a colher de alumínio
O frio seria algo inerente ao alumínio (metal): (A01; A07*; A11; A15; A17; A18; A22; A24; A26; A29; A34; A39; A41). *Vale ressaltar que A07 escreveu que o alumínio “é gelado pesado e da arrepio”, o que ilustra bem a concepção de que o metal tem natureza fria. Sensação de frio seria devido ao fato do alumínio ser sólido: “porque o alumínio é um material solido” (A02). O alumínio absorve o frio: “porque o material absorve o frio” (A04). Há uma troca de calor no alumínio: “Porque há uma troca de calor na colher de alumínio” (A27; A40). O alumínio é um material diferente do material das outras colheres: “por que o material é diferente” (A09; A30). O alumínio adapta-se a temperatura: “porque o alumínio é um material que de acordo onde ele é colocado se adapta a temperatura”* (A28). * Essa resposta denota a concepção de boa condutibilidade dos metais.
Alunos que não responderam por que tem sensações diferentes ao tocar o alumínio o plástico e a madeira.
A06; A14; A21; A33; A36; A38; A42.

Estas respostas demonstram que os alunos relacionaram as propriedades dos materiais com a experiência sensorial, e também demonstram convergência com as concepções de senso comum que normalmente classificam o metal como frio. Uma aluna descreveu que a madeira é fria: “não madeira porquê frio como a tempemtura” quase sem espaçamento entre as palavras. Isso revela que há um sério descaso com a educação pública, em que dirigentes e políticos se preocupam com índices de aprovação mais do que com a alfabetização de uma forma individualizada. Essa aluna é um exemplo do descaso que ocorre durante o processo de alfabetização e que pudemos identificar no 2º ano do Ensino Médio.

A segunda questão: “As medidas de temperatura a partir de sensações, como o tato (toque de sua mão com o objeto, por exemplo) são confiáveis?”. Essa questão também revelou a idéia comumente encontrada no senso comum, ou seja, **todos os alunos** consideraram as sensações térmicas aferidas com o tato como confiáveis.

Na terceira questão o ato de colocar o termômetro em contato com o corpo e aguardar revelou respostas que nos remetem à Lei Zero da Termodinâmica ou Lei do Equilíbrio Térmico: “Quando uma enfermeira coloca um termômetro cilíndrico de mercúrio sob a língua de um paciente, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a leitura. Considerando o corpo do paciente, aquecido e o termômetro inicialmente frio, em relação ao paciente. Explique porque esse intervalo de tempo é necessário”.

O Quadro 4 relaciona as respostas aos alunos.

Quadro 4: respostas à terceira questão investigativa.

Alunos que escreveram que o tempo é necessário para o termômetro esquentar, sentir ou chegar à temperatura do corpo.
A01; A02; A04; A06; A09; A11; A14; A15; A17; A18; A21*; A22; A24; A26; A28; A29; A30; A33*; A34; A36; A38; A39; A40; A41 e A42. *Esses alunos escreveram “...para pegar o calor do corpo”, o que sugere a concepção espontânea de calor como substância, base da Teoria do Calórico que vigorou até meados do século XIX.
Alunos que responderam que o tempo é necessário para o termômetro ficar em temperatura ambiente.
A07 e A27

A noção de expansão de uma substância com o aquecimento desta foi cobrada na quarta questão: “A esterilização de instrumentos cirúrgicos que antes era feita em banho de vapor hoje é feita em estufas apropriadas. Por que não é possível esterilizar um termômetro clínico da mesma maneira? Que método você proporia para fazê-lo?”.

E o Quadro 5 revela e relaciona as respostas dos alunos.

Quadro 5: respostas à quarta questão investigativa.

Alunos que relacionaram o aumento de temperatura com a quebra ou explosão do termômetro.
a) Alunos que escreveram que o termômetro explodiria: A01; A02; A04; A06; A07; A11; A14; A17; A18; A21; A24; A30; A33; A34; A42. Apresentaremos algumas respostas: “Explode o termometro por que é muito quente” (A01). “O termometro vai super aquecer e estourar” (A14). “porque tem um mercurio dentro do têrmometro ai ele aquece de mais e acaba espludindo” (A18). “Ele estora porque a temperatura e maior e o mercurio dentro dele sobe rapidamente rápido”(A24). b) Alunos que usaram o termo “quebrar” em suas respostas: A09; A22; A26; A27; A28; A36; A38; A40. Apresentaremos algumas respostas: “Porque a temperatura vai subir e o termômetro vai se quebrar” (A09). “O termometro vai ficar superaquecido e sua temperatura vai subir rapidamente e ele quebra” (A38). “a temperatura vai aumentar, o mercúrio que estiver lá dentro vai aumentar, pois cada termômetro tem um mínimo de temperatura ocorrendo a destruição” (A28).
Alunos que disseram apenas que a temperatura do termômetro vai subir.
“Porque a temperatura vai subir”(A15, A39, A41).
Nenhum aluno propôs um método para esterilizar um termômetro.

Essas respostas denotam que nossos alunos reproduzem bem as concepções de senso comum usando uma linguagem coloquial. Cabe ao processo de ensino e aprendizagem fazê-los se apropriar da linguagem científica e matemática que estão associadas a esse conceito. Com esse intuito, iniciamos nossos trabalhos laboratoriais

pedindo que os alunos se dirigissem ao laboratório já devidamente preparado para iniciarmos as práticas, porém antes de as iniciarmos, e para que fizesse sentido o experimento, visando dar suporte também a experiências posteriores, observamos que todas as coisas recebem e cedem calor o tempo todo e quando as trocas de calor são equilibradas (não cessam ou param, conforme está escrito em livros didáticos, apostilas e/ou no discurso de muitos professores) os objetos se apresentam com a mesma temperatura, o que caracteriza o equilíbrio térmico. Para ilustrar, citamos a situação em que um bolo, retirado de um forno aquecido, e um refrigerante retirado congelado do refrigerador, ambos colocados sobre uma mesa (de uma cozinha normal). Em seguida, questionamos se, após algumas horas, encontraríamos o bolo ainda quente e o refrigerante ainda congelado. As respostas foram unânimes, e davam conta de que o bolo já teria resfriado e o refrigerante teria se descongelado. Reiteramos que, certamente não encontraremos o bolo aquecido e o refrigerante ainda congelado. Ambos ou já estarão a uma mesma temperatura, ou tendendo a mesma temperatura que será também a mesma do ambiente. Com isso, queríamos constituir uma base sólida em que todos concordassem que objetos colocados em contato ou próximos tenderiam à mesma temperatura e, se houvesse tempo suficiente e isolamento no ambiente, os objetos estariam de fato na mesma temperatura.

Em outra situação, perguntamos como se pode fazer para resfriar mais rapidamente uma caneca de leite quente, pois sabemos que é bastante comum colocarmos uma caneca de leite ou chá quente numa pequena bacia contendo água fria, para assim, resfriarmos o leite e obviamente aquecermos a água da bacia. A resposta a esse questionamento também não tardou, e os alunos responderam o que esperávamos, ou seja, usavam a bacia com água fria. Esse exemplo será retomado mais adiante quando conceituarmos calor como energia que se transfere espontaneamente de um objeto para

outro, devido à diferença de temperatura entre eles.

Esses exemplos empíricos demonstram a universalidade do equilíbrio térmico: quando os objetos cedem calor é porque estão mais quentes do que o ambiente, quando recebem calor estão mais frios do que o ambiente; se os objetos estão na mesma temperatura recebem e cedem em média a mesma quantidade de calor (para facilitar dizemos sempre que os objetos estão num ambiente isolado).

Esta exposição inicial sobre o equilíbrio térmico serve de subsídio para colocarmos a seguinte situação:

Se você estiver andando descalço por um piso de cerâmica, no interior de uma sala, no centro desta existe um tapete bem felpudo sobre o piso, e você coloca um pé sobre o piso e o outro pé sobre o tapete. Neste momento, questionamos quais seriam as sensações térmicas que eles teriam. E as respostas foram claras: uma sensação de “frio” no piso, enquanto o tapete não se apresentaria frio, estando a uma temperatura agradável. Questionamos, então, se as sensações térmicas não deveriam ser as mesmas, haja visto que o tapete estava sobre o piso, ou seja, havia contato e, como já havíamos discutido no início, objetos em contato ou próximos por um tempo suficientemente longo devem estar à mesma temperatura. Diante desta situação, os alunos puderam confrontar sua idéia de senso comum e a tendência universal ao equilíbrio térmico.

Nesse momento, percebemos claramente um conflito entre as situações iniciais, o exemplo do bolo e do refrigerante, a caneca de leite quente na bacia de água fria, situações estas que os alunos já haviam considerado, sem maiores problemas, nas quais haveria o equilíbrio térmico, ou na linguagem deles “chegaria na mesma temperatura” e as situações nas quais o equilíbrio térmico não era perceptível pelo tato. Nesse momento os alunos ficaram pensativos e fizemos algumas intervenções, acrescentando outras situações como uma chapa metálica, uma placa de isopor ou madeira num mesmo ambiente isolado e

após um longo período de tempo. Ao tocá-las teriam as mesmas sensações?

A intenção destas intervenções era fazer os alunos relacionarem as sensações do toque em metais (condutores) e outros materiais (isolantes). Obviamente, nós não mencionamos as características condutoras e isolantes dos materiais que citados, pois queríamos que os alunos fizessem essa relação. No entanto, alguns alunos atribuíam aos metais a característica de frio: “o piso, o metal é frio, professor”; “o metal passa frio”. Como já esperávamos, não eram todos que respondiam. Então, nós repetíamos as respostas dos alunos que se manifestavam e perguntávamos se todos concordavam; e assim, comumente recebíamos um aval positivo dos mais tímidos ou dos que não tiveram nenhuma idéia.

Nesse momento, entendemos que o professor não deve dar nenhuma resposta, nem conceituar as grandezas físicas, mas favorecer a investigação e permitir que o aluno seja ativo no seu processo de construção desse conhecimento. Apenas depois de percorrido o processo, e com o contexto tendo um significado pretensamente diferente para o aluno é que poderíamos formalizar, conceituando, ou seja, permitindo a apropriação da linguagem científica por parte dos alunos.

Diante deste entendimento, partimos para a investigação do tato como ‘medidor de temperatura’, uma vez que a maioria dos alunos havia afirmado que o tato é confiável na aferição de temperaturas.

Segue adiante a descrição da atividade prática: coloca-se água quente, mas que seja suportável para o toque com a mão, em um recipiente, em outro recipiente coloca-se água fria e em um terceiro, água a temperatura ambiente. Procede-se da seguinte forma: coloca-se uma das mãos no recipiente com água quente e a outra no recipiente com água fria. Aguardam-se alguns instantes, retira-se as duas mãos dos respectivos recipientes e as coloca simultaneamente no recipiente com água à temperatura ambiente. O sujeito da

experiência percebe então que, apesar de termos as duas mãos no mesmo recipiente, teremos a mão que, anteriormente estava na vasilha com água quente, transmitindo sensação de que a água a temperatura ambiente está fria e, a mão que estava em contato com a água fria, transmitindo sensação de que a água a temperatura ambiente está quente.

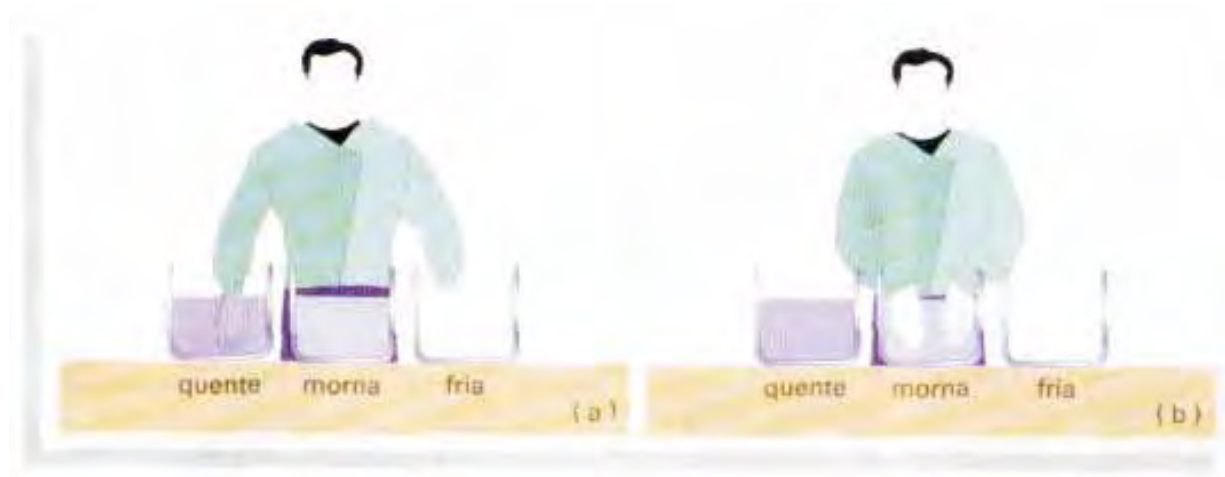


Figura 03: experimento que demonstra as sensações obtidas através do tato. (CHIQUELLO *et. al.*, 1996).

Com o experimento preparado, organizamos os alunos. Pedimos para que colocassem uma mão na bacia com água quente a outra na bacia com água fria, aguardassem alguns instantes e, então, colocassem as duas mãos na bacia com água à temperatura ambiente.

Os alunos notaram imediatamente que apesar das duas mãos estarem na mesma bacia elas não transmitiam a mesma sensação térmica. Cada aluno que realizava o experimento descrevia suas sensações. Era comum eles relatarem a sensação de “choquinho”¹⁸ quando a mão que estava na bacia com água quente vinha para a bacia que

¹⁸ Esses relatos de alunos nos remetem às lectures (conferências) dadas por Joseph Black entre 1766 e 1797, na Universidade de Edimburgo, nas quais ele acusa alguns filósofos da época de classificarem o frio como um oposto ao calor e que era transmitido como “dardos frigoríficos” ou partículas frigoríficas, devido à

estava com água à temperatura ambiente. Ainda assim, incrementamos esse experimento ao colocarmos duas bacias com água à temperatura ambiente e repetimos o experimento. Ou seja, apenas pegamos duas bacias e colocamos água à temperatura ambiente, até misturamos o conteúdo das duas bacias para ficar claro que as duas continham água à mesma temperatura e pedimos novamente para os alunos colocarem as mãos na bacia com água quente e com água gelada, aguardassem alguns instantes e depois rapidamente colocassem as mãos nas bacias com água à temperatura ambiente.

As constatações foram as mesmas da variação anterior, ou seja, apesar das duas bacias conter água à temperatura ambiente, as sensações nestas bacias não eram as mesmas. Uma forma possível de evidenciar o engano de nossas sensações, é pedir para que um ou mais alunos saiam do laboratório ou classe e aguarde alguns instantes fora, enquanto isso se prepara o experimento mostrando para todos os que ficaram na sala ou no laboratório, que as duas bacias para as quais os alunos deverão colocar as mãos após o contato com as bacias com água quente e gelada, contém água à temperatura ambiente, pode-se mostrar isso, misturando as águas dessas bacias, evidenciando que as águas estão à mesma temperatura e/ou com termômetros.

Em seguida, os alunos que estavam fora entram e, então, pedimos para que eles coloquem uma das mãos na bacia com água gelada e a outra mão na bacia com água quente, depois coloque as duas mãos nas bacias separadas, mas que todos sabem que contém água à temperatura ambiente, menos esses alunos que pedimos para sair e, finalmente, pedimos para que esses alunos relatem suas sensações. Reforçará mais ainda a noção de que o corpo humano não é um bom medidor de temperaturas.



Figura 04: alunos realizando o experimento de sensações térmicas.

Após a execução do experimento, confirmamos que os alunos tinham percebido claramente que as duas mãos na mesma bacia com água não apresentavam a mesma sensação. Em seguida, questionamos, novamente, se o tato é um medidor confiável de temperaturas. Quase todos disseram que não. No entanto, um aluno insistia que confiava no tato, mas sem precisão, pois, para ser preciso, ele usava um termômetro. Tranquilizamos esse aluno ao dizer que, de fato, usamos o tato no dia-a-dia para nos transmitir sensações térmicas, mesmo porque não temos o costume de andar com

termômetros no bolso. Mas, quisemos mostrar-lhes os limites e incongruências dessa sensação, e para isso usamos o exemplo de que uma mãe pode se enganar ao medir, por meio do tato, a temperatura de uma criança, com isso ele respondeu que concordava.

Em seguida, voltamos a discutir sobre situações em que, apesar dos materiais estarem em equilíbrio térmico, nossas sensações advindas do tato não demonstravam esse equilíbrio. Por isso, retomamos a discussão da sensação de pisar no piso de cerâmica e no tapete ou de colocarmos uma mão na chapa de metal e outra na madeira ou no pano, uma vez que esses materiais estão em equilíbrio térmico. Pedimos para os alunos traçarem, então, uma relação entre um pedaço ou chapa de alumínio, cobre, ferro e entre a lã, a madeira, o isopor, mas, diante do silêncio, resolvemos facilitar e perguntamos: por que a caixa que guarda alimentos quentes tem paredes de isopor? Poderia ser de metal?

Após essa intervenção, alguns disseram que a parede de isopor não deixa “passar a temperatura” (A01; A26; A47) e que o metal deixa. Perguntamos se o restante da classe concordava e todos gesticularam positivamente com a cabeça. Continuamos, então, nossa discussão e perguntamos se se tocássemos esses materiais que, segundo eles, deixam “passar a temperatura” sentiríamos frio ao passo que tocando materiais que dificultam essa passagem, como lã, isopor, etc não teríamos a mesma sensação de frio. Novamente todos concordaram que sim e, então, introduzimos os termos ‘condutores’ e ‘isolantes’, ou seja, tocando materiais condutores temos a sensação de frio, enquanto tocando materiais isolantes não temos a mesma sensação de frio. Logo, ficou claro que, em materiais condutores, nosso corpo “passa” calor rapidamente para esse material e que, em materiais isolantes, “passamos” menos calor considerando o mesmo tempo. Reforçamos essa idéia perguntando se, quando colocamos um alimento aquecido na caixa de isopor, esse alimento ficaria aquecido indefinidamente (usamos o termo “para sempre”). A essa pergunta, os alunos concordaram que não e, dessa forma, reforçamos a idéia de que ocorre

a transmissão de calor no material isolante, mas de forma mais lenta.

Voltando à experiência das bacias, a mão que veio da bacia com água quente para a bacia com água à temperatura ambiente nos deu uma sensação de frio e a mão que veio da bacia com água gelada para a bacia com água à temperatura ambiente nos deu a sensação de quente. Em qual acreditar? Em nenhuma, pois a nossa sensação térmica é resultado da taxa de transferência de calor. Ou seja, a mão que estava na água quente e, portanto, aquecida, ao entrar em contato com a água à temperatura ambiente cede calor e assim sentimos frio. Já a mão que estava na água gelada também está fria, e ao entrar em contato com a água à temperatura ambiente recebe calor desta e a sensação é que esta água está aquecida.

Transferindo esse pensamento para os materiais citados, a cerâmica ou o metal têm maior condutibilidade térmica (bons condutores), portanto, transferimos a eles mais calor por unidade de tempo do que transferimos ao carpete ou à madeira (considerados isolantes). Ou seja, é mais fácil a transferência de calor de nosso corpo para o metal do que para a madeira ou tapete. Como calor é energia, perdemos mais energia se estivermos em contato com materiais que sejam bons condutores. Assim, nossa sensação térmica está ligada à condutibilidade do material que tocamos.

Ao chegarmos às conclusões sobre a eficiência do corpo humano, pedimos um relatório para os vinte e sete alunos que participaram desta prática. Colocamos apenas o objetivo para que os alunos copiassem no início da folha de relatório. A propósito, o objetivo do experimento é: **“Verificar a eficiência do corpo humano como medidor de temperaturas”**. O procedimento e a conclusão dos relatórios ficaram por conta dos alunos. E essa conclusão revelou que o experimento foi significativo para esses alunos que entraram em contato, pela primeira vez, com uma aula na qual primeiro se adquire o conceito físico e depois se parte para o conceito matemático. Seguem alguns exemplos:

Quadro 6: demonstração das conclusões dos relatórios sobre as sensações térmicas.

Conclusões do relatório
Alunos que entendem que o corpo humano não é confiável: “O corpo Humano não é um bom medidor térmico” (A01; A02; A04; A15; A18; A30; A37; A39; A40; A41; A42). Alunos que entendem que nossas sensações nos confundem: “Com a experiência feita, podemos concluir que ao colocar as mãos que estavam na água quente e gelada na temperatura ambiente, as sensações não são as mesmas, elas se invertem. A mão que estava na água gelada, dá sensação de quente, e a mão da água quente dá a sensação de frio. Sendo assim então, concluimos que, as sensações do nosso corpo pode nos enganar” (A06; A07; A11; A14; A17; A21; A24; A27; A26; A29; A34; A36; A38;). “As sensações mudam, e são coisas extremamente curiosas pois nos acompanham no nosso dia a dia e nos nem percebemos. E essa foi uma experiencia muito legal” (A33). Alunos que entendem que as sensações se relacionam com os materiais que tocamos: “Que o corpo humano não é um ótimo medidor de temperatura. Porque quando tocamos em um material metálico a nossa sensação é que ele é frio, a mesma coisa acontece quando colocamos a mão em uma lã e sentimos uma sensação agradável. Mas quando estão na mesma temperatura a tendência é elas terem uma temperatura, mas nosso corpo vai nos fazer sentir que um vai estar frio e outra quente, e a explicação disso é que o metal é bom condutor e a lã um mal condutor. Sendo assim todos os materiais estando em uma temperatura ambiente elas tendem há um equilíbrio térmico” (A09; A28).

Com relação ao relatório, as conclusões foram de que o corpo humano não é um bom medidor de temperatura. A maioria dos alunos, infelizmente, não se expressa tão

bem e tem graves erros ortográficos, mas as conclusões, em geral, foram semelhantes, o que demonstra quão significativo foi o trabalho prático e laboratorial aplicado. É interessante destacar a impressão que os alunos tiveram desse trabalho prático, pois, como já apontamos, os alunos estavam habituados a terem aulas expositivas e demonstraram expectativa pelo que iria acontecer. Alguns não se continham e perguntavam o que iríamos fazer com as bacias, porque estávamos esquentando água e depois fizeram silêncio para ouvir a proposta. Demonstraram, dessa maneira que, comumente, os trabalhos laboratoriais são motivadores e estimuladores.

Para concluir essa aula, juntamente com os alunos, consideramos que, para manter a nossa temperatura corporal em $36,5^{\circ}\text{C}$, precisamos extrair a energia contida nos alimentos e transformá-la em calor (parte dela). Lembremo-nos de que a energia não se cria, nem se destrói, uma se transforma na outra. No inverno, transferimos mais calor para o meio ambiente e por isso sentimos frio, conseqüentemente, sentimos mais vontade de comer e, geralmente, alimentos mais calóricos, “quentes”. Em tom de brincadeira, mas com objetivo educativo, perguntamos aos alunos: “Quem de vocês sente atração por um prato de verduras ou cereais num dia frio de inverno?”.

A resposta veio na forma de risadas e gestos e expressões de repulsa, sendo que alguns brincaram que nem no verão comem vegetais. E nós continuamos: “Agora, um prato de lasanha, um belo assado ou um chocolate cai bem num dia frio de inverno”. Obviamente, obtivemos o aval de todos.

A reserva energética é algo vital para qualquer organismo. Sabemos que um predador, quando demarca seu território, está garantindo, entre outras, coisas sua reserva energética.

Iniciamos as duas próximas aulas observando que não podemos confiar em nosso corpo para medir temperaturas, uma vez que nossos sentidos podem se confundir.

Precisamos, então, medir as temperaturas através de outro método. Com esse intuito, observamos que algumas propriedades macroscópicas de um determinado objeto sofrem alterações quando este recebe calor. Por exemplo, um objeto qualquer que se expande ou dilata visivelmente. Em um primeiro momento, queríamos que os alunos percebessem essa alteração macroscópica para que, em aulas posteriores, aprofundassem mais a questão e investigassem as causas microscópicas da expansão das substâncias. E, assim, pretensamente, concluíssem que, ao ser aquecida uma substância que pode ser sólida, líquida ou gasosa, sofre dilatação decorrente de um aumento no grau médio de agitação de suas partículas microscópicas.

Observamos que a substância recebe calor, se aquece e dilata. Quanto mais calor transmitido, maior a dilatação, sem mudança de estado físico (lembramos que calor produz aumento de temperatura; mas calor e temperatura não são sinônimos, pois um atrito ou esfregão também produz aumento de temperatura sem, entretanto, estabelecer troca de calor). A esta propriedade, a dilatação, pode-se chamar de propriedade termométrica das substâncias. Ao observar esta propriedade, o ser humano percebeu que poderia ter uma idéia de temperatura por meio da dilatação de uma substância, e assim construiu o primeiro termoscópio, (termos = calor; skopeo = olhar) e depois, com uma “régua” contendo uma escala arbitrária, tornou-se um termômetro.

5ª e 6ª aulas

A partir do que foi exposto nas aulas anteriores, apresentamos nosso objetivo de demonstrar que o corpo humano não é bom medidor de temperaturas, pois, além dos motivos biológicos citados, existe também a diferença de sensibilidade de pessoa para pessoa. Por exemplo, um lavrador ou um pedreiro toca um objeto e tem uma sensação; já uma moça de mãos delicadas toca o mesmo objeto e certamente não terá, exatamente, a

mesma sensação. Em quem confiar? Ora, estávamos diante de um novo problema: como o ser humano poderia graduar temperaturas de maneira confiável? Não há dúvida, precisamos de um instrumento para medir temperaturas.

Para iniciar a solução deste problema, perguntamos aos alunos o que acontecia com uma substância quando aquecida. Como as respostas não atingiam nossas expectativas quanto à definição de dilatação, uma vez que os alunos respondiam apenas que: “o corpo fica quente”, ou “a temperatura aumenta”, justificou-se aí o trabalho laboratorial de construção de um termoscópio.

Os alunos, já agrupados nas bancadas do laboratório, receberam o material necessário: uma pequena garrafa de vidro com a tampa furada de modo a permitir a passagem de um canudo, um canudo de refrigerante transparente, massa epóxi para vedar e uma substância termométrica (álcool colorido). Com esses materiais confeccionamos um termoscópio que, como o próprio nome diz (skopeo = olhar), serviu para observarmos o comportamento da substância quando aquecida e resfriada. Ao término da construção do instrumento, pedimos para que um aluno de cada grupo o segurasse com as duas mãos e que todos observassem o ocorrido. Com expectativa realizaram a etapa, e observaram o líquido subir pelo canudo. Tivemos até alguma dificuldade, pois os outros elementos também queriam segurar o termoscópio prometendo que fariam o líquido ‘subir mais’. Foi interessante observar que alguns esfregaram as mãos para aquecê-las sem, no entanto, se dar conta que com isso estavam convertendo energia mecânica em térmica (efeito joule), haja vista que o conceito de calor como uma forma de energia ainda não está nos domínios cognitivos dos alunos, pois é o próximo assunto a ser trabalhado.

Após segurarem os termoscópios e perceberem a dilatação da substância termométrica (álcool colorido) conforme esta se aqueceu pelo contato com as mãos até

estabilizar quando a temperatura do instrumento se iguala com a das mãos, como já havíamos discutido na Lei do Equilíbrio Térmico, incrementamos o trabalho colocando uma bacia com água quente e outra com água fria para os alunos colocassem os termoscópios e verificassem com mais rapidez os fenômenos de dilatação e contração. Pedimos a eles para observarem o que aconteceu com a substância termométrica quando foi aquecida e quando resfriada e, de fato, ao colocarem em água quente, o líquido expandia tanto que chegava a extravasar do canudo (funcionando como tubo capilar), isso gerou descontração, pois todos os grupos fizeram o mesmo e se animaram com a intensidade da expansão. Nesse momento, solicitamos aos grupos que voltassem a atenção para os mecanismos que produziam tal efeito, pedimos para que pensassem nos efeitos e nas causas. Em seguida, os questionamos sobre o que acontecia e, então atingiram o objetivo e explicaram, a sua maneira, a dilatação como decorrente do aquecimento e a contração como consequência do resfriamento, ou seja, toda substância aquecida expande-se termicamente.

Após essa animada experiência prática, comentamos que essa propriedade das substâncias foi base para a construção de termômetros, que diferem dos termoscópios por terem uma escala colada ou inscrita no corpo de vidro. A partir dessa diferenciação, apresentamos aos alunos alguns termômetros e deixamos que os colocassem em água quente e fria, só que agora ‘medindo’ a temperatura do líquido. Com esse experimento, discutimos a necessidade de se graduar um termômetro, relacionando a altura atingida pelo líquido com um valor numérico específico sistematizando uma linguagem termométrica padronizada que faça sentido para as pessoas.



Figura 05: fotos dos alunos realizando o experimento do termoscópio.



Figura 06: Alunos realizando leituras com o termômetro graduado.

Novamente pedimos um relatório que contemplasse os efeitos macroscópicos (visíveis) do aquecimento e resfriamento de uma substância, uma vez que os efeitos microscópicos foram trabalhados posteriormente. De forma geral, os alunos concluíram que o aquecimento provoca a expansão da substância e o resfriamento provoca a contração dessa substância. Destacamos dois deles:

“o efeito visível nos leva a perceber que quando nós colocamos o termoscópio na água quente ele dilata e quando colocamos na água fria ele contrai” (A29).

“Eu pude ver uma experiência nova e diferente e tirei a conclusão da diferença de expandir e contrair de certas substâncias.” (A09).

Um aspecto relevante é que não havíamos definido, ainda, temperatura como uma medida do estado de agitação médio das partículas de um corpo, pois enfatizamos as variáveis macroscópicas do aquecimento e resfriamento, ou seja, os conceitos de expansão e contração. Assim como na história do desenvolvimento dos conceitos da termodinâmica, os termômetros foram concebidos antes que a Ciência entrasse no micro mundo permitindo que uma visão microscópica da matéria estabelecesse a Teoria Cinético – Molecular para a explicação dos fenômenos térmicos. Segundo Schenberg, o modelo cinético – molecular alavancou a entrada da Ciência no micro mundo,

Esta grande revolução, talvez a maior de todas que houve na Física depois da criação da Mecânica no século XVII, foi exatamente a criação da teoria dos quanta. E foram os estudos do calor e da termodinâmica que levaram a essa revolução. [...] Durante o século XIX se desenvolveram, portanto, essas duas teorias: a teoria do calor e a teoria do campo eletromagnético. A teoria do calor conduzia à mecânica estatística e à introdução de conceitos probabilísticos na Física. (SCHENBERG apud SILVA et al, 1997).

Pretendemos com essas observações demonstrar que partimos do macroscópico, tão aparente, formador de opiniões e suficiente para o desenvolvimento da

termometria para a visão microscópica dos fenômenos térmicos, mais abstrata, mas revolucionária, sobretudo no século XIX.

7ª e 8ª aulas

Com o intuito de subsidiar aos alunos um pensamento que relacionasse o fenômeno da expansão e contração de uma substância com a construção do termoscópio e também com sua utilização prática e útil para a comunidade científica e para a sociedade, apresentamos as escalas Celsius e Fahrenheit. Essa apresentação foi levada a cabo, primeiramente, com um texto sobre a evolução dos termômetros intitulado: “A termometria subsidiando o desenvolvimento da Termodinâmica”¹⁹. Já a escala Kelvin foi trabalhada após o experimento que subsidiou a visão microscópica dos fenômenos térmicos (garrafa borbulhante).

Nesse momento, vale ressaltar que reunimos parte do grupo de professores de ciências da natureza para deliberarmos sobre o instrumento matemático que os alunos poderiam utilizar para converter as escalas citadas. Como primeira proposta, levantamos a possibilidade de utilizar o Teorema de Tales, pois as retas paralelas perpassam o ponto de fusão/congelamento, de ebulição/condensação e a temperatura a ser convertida, mas, como as escalas são subdivididas de formas diferentes (100 subdivisões na Celsius e 180 na Fahrenheit, por exemplo), representariam as transversais que são segmentadas proporcionalmente pelas retas paralelas, dessa forma, com alguma adaptação poderíamos aplicar esse Teorema. No entanto, o grupo descartou essa hipótese, pois, apesar desse conteúdo matemático já ter sido apresentado aos alunos, os professores acharam que seria inconveniente devido ao baixo aproveitamento na disciplina de matemática. Assim, decidimo-nos por apresentar a equivalência e proporcionalidade da seguinte forma: na escala proposta por Anders Celsius, o intervalo entre fusão e ebulição subdividido em 100

¹⁹ Ver. Anexo.

partes iguais (escala centígrada) o que equivale ao intervalo entre fusão e ebulição na escala proposta por Daniel Gabriel Fahrenheit com 180 subdivisões:

$$\Delta^{\circ}\text{C}/100 = \Delta^{\circ}\text{F}/180 \rightarrow \Delta^{\circ}\text{C}/5 = \Delta^{\circ}\text{F}/9$$

Após discutirmos as escalas e as variações equivalentes entre elas, apresentamos exercícios. O primeiro servia para revisar o conceito de equilíbrio térmico e, em seguida, foram também utilizados exercícios sobre variações equivalentes, ainda sem conversão de temperaturas pontuais. Seguem abaixo:

- 1) Por que para medir a temperatura de uma pessoa o termômetro deve permanecer um determinado tempo em contato com ela?
 - 2) (UFABC/2009) Na imprensa americana, certamente a informação inicial de que a temperatura na cidade de São Paulo aumentou em 2 °C teria a seguinte citação, em graus Fahrenheit:
- a) 0,9. b) 1,8. c) 2,4. d) 3,6. e) 4,5.
- 3) (UEL-PR) A temperatura da cidade de Curitiba, em certo dia, sofreu uma variação de 15°C. Na escala Fahrenheit, essa variação corresponde a:

Vale ressaltar que na primeira questão todos os alunos responderam que o tempo que o termômetro deveria permanecer em contato se deve à necessidade de buscar o equilíbrio térmico: ***“Para poder entrar em equilíbrio térmico”*** (maioria dos alunos);

“Porque a pessoa precisa passar calor para o termômetro depois de algum tempo ocorrerá o equilíbrio térmico” (A33). Esta resposta contemplou a idéia de transmissão de calor por condução. As formas de transmissão foram estudadas de forma sistematizada posteriormente.

“para que o termometro esquente e o mercurio sobe e equilibra a temperatura do corpo” (A01). Esta resposta remete à prática realizada em laboratório, em

que a expansão (subida) da substância termométrica, álcool colorido do termoscópio ou mercúrio do termômetro ficou evidente.

Nos dois exercícios seguintes, procuramos enfatizar a utilização da fórmula: $\Delta^{\circ}\text{C}/5 = \Delta^{\circ}\text{F}/9$, para descobrir variações equivalentes. Ou seja, no exercício 2 a cidade de São Paulo não chegou a dois graus Celsius, mas variou de 2 °C. Por exemplo, dissemos, se estava a 26 °C passou a 28 °C, sendo $\Delta^{\circ}\text{C} = 2^{\circ}\text{C}$. Pode parecer simples e óbvio mas, após esse exemplo, ainda havia alunos que não diferenciavam variação de temperatura de temperatura pontual. Gastamos um certo tempo com mais exemplos até que ficasse claro e todos tivessem resolvido os exercícios 1, 2 e 3. Assim, além do entendimento da Física do exercício, também tivemos que ajudá-los com a Matemática presente. Como estávamos em dois professores na sala de aula, percorremos as carteiras ajudando-os individualmente com conceitos matemáticos que já deveriam dominar. Assim, essa prática demandou um tempo maior do que esperávamos, mas concluímos satisfatoriamente esses exercícios.

Em seguida, demos exemplos de situações em que precisaríamos converter valores de temperaturas pontuais e, com desenhos das escalas na lousa, apresentamos as variações como sendo a temperatura que se quer menos a temperatura de fusão, assim como eles já haviam visto na variação de espaço, o espaço final menos o inicial. Aproveitamos para lembrar que a letra grega delta (Δ) significa, nesses contextos, variação e deduzimos:

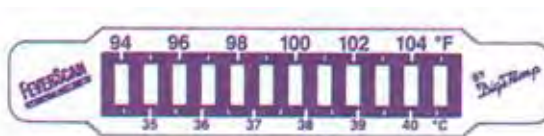
$$T^{\circ}\text{C} - 0/100 = T^{\circ}\text{F} - 32/180$$

$$T^{\circ}\text{C}/5 = T^{\circ}\text{F} - 32/9$$

Após esse acréscimo lançamos os seguintes exercícios:

- 4) Insolação, causada por uma elevação extrema na temperatura do corpo, afeta o homem normal quando a temperatura do corpo atinge 42 °C. Qual é esta temperatura na escala Fahrenheit?

5) Um turista brasileiro trouxe dos Estados Unidos um termômetro clínico de cristal líquido – uma fita plástica onde existem pequenos retângulos que se tornam coloridos quando a fita é colocada na testa do paciente. Embora graduado nas escalas Celsius e Fahrenheit, a maioria dos valores não se correspondem. Veja a figura:



Determine:

- a) as temperaturas limites dessa fita, em graus Celsius, assinaladas com os valores 94°F e 104°F;
 - b) a temperatura, em graus Fahrenheit, do valor equivalente a 37°C.
- 6) A temperatura do congelador de uma geladeira é 23° F. Calcule essa temperatura na escala Celsius.

Após o apoio na Matemática, da mesma forma que fizemos com os exercícios 2 e 3, esses exercícios também foram solucionados.

Partimos, então, para o conceito atual de temperatura, pois, conforme já mencionamos, estabelecemos os termoscóprios e termômetros e suas escalas baseados nos fenômenos macroscópicos e com caráter de resolução do problema da determinação dos graus de aquecimento com precisão, haja vista que o tato não nos permitia esse feito, assim como na época da confecção do termoscópio de Galileu e dos termômetros de Anders Celsius e Daniel Gabriel Fahrenheit. Nessa época, vigorava a Teoria Substancialista do Calor compreendendo as explicações dos fenômenos térmicos baseados na idéia de um fluido, o Fluido Calórico. Apesar de não usarmos a História da Ciência como estratégia de ensino, afirmamos que é uma estratégia enriquecedora e com grande potencial para tornar

o ensino significativo, além de revelar a Ciência como construção humana coletiva, não relegada a gênios e já acabada, pois, não é raro ouvirmos dos alunos que, em Ciência, não resta nada mais para ser descoberto. Certamente, essas afirmações se devem à complexidade dos equipamentos concebidos atualmente e à magnitude dos avanços tecnológicos. Todo esse vislumbre realmente leva um aluno de ensino fundamental e médio a inferir que tudo já está revelado, por isso, é importante que o professor tenha em mente as fronteiras da Física para confrontar convenientemente essas afirmações dos alunos.

9ª e 10ª aulas

Com o intuito de investigar o conceito de temperatura da forma como é concebido pela Ciência atual e, também propiciar uma possibilidade para entender o que ocorre microscopicamente com as substâncias quando se aquecem ou se resfriam, executamos a atividade experimental seguinte conhecida como ‘garrafa borbulhante’. Nessa experiência, uma garrafa PET tem sua tampa furada e pelo furo passa-se uma mangueirinha de borracha (tripa de mico), veda-se com massa epóxi ou silicone para que o ar passe apenas pela mangueirinha e sua outra extremidade encontra-se mergulhada num copo (usamos um béquer de 250 ml) com água e detergente. Dois recipientes, um com água quente e outro com água fria, já estavam reservados. Primeiramente, fizemos uso do recipiente com água quente, despejando-a sobre a garrafa. Em contato com a água quente, a garrafa aqueceu o ar no seu interior expandindo-o, conseqüentemente, o ar soprou pela mangueirinha chegando ao béquer e borbulhando a água com detergente, produzindo espuma (na verdade o detergente serve apenas para dar mais visibilidade ao fenômeno).

Enquanto a água quente entrava em contato com a garrafa e o processo de expansão se iniciava, os alunos foram solicitados a responder o que estava acontecendo, e

logo entre eles surgiram respostas que davam conta do fenômeno da dilatação. Em seguida, fizemos a água fria entrar em contato com a garrafa PET, o que provocou a contração do ar e, por diferença de pressão, a água com o detergente que estava no béquero veio parar no interior da garrafa PET. Notamos que esse experimento tem o mérito de atrair a atenção dos alunos e de deixá-los entusiasmados com os efeitos: quando jogamos água quente e o ar no interior da garrafa se expandiu rapidamente, passando pela mangueirinha com certa velocidade, o que provocou um borbulhar intenso no copo com detergente; também a contração do ar, quando jogamos água fria, é rápida e provocou a entrada da água com detergente do becker ou copinho na garrafa PET.



Figura 07: Experimento garrafa borbulhante de expansão e contração de gases.

Esse experimento pôde, mais adiante, subsidiar o entendimento da dilatação volumétrica ($\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$). Mas, neste momento, como já havíamos discutido uma variável macroscópica do aquecimento de uma substância, aproveitamos esse experimento para entrar no micromundo e, ao fazê-lo, questionamos o porquê da dilatação de uma substância seja sólida, líquida ou gasosa quando esta se aquece. O silêncio por parte dos alunos demonstrou que precisávamos intervir e tivemos de perguntar do que toda matéria é feita, até que ponto poderíamos dividi-la, mesmo assim os alunos nada responderam. No entanto, ao fazer o gesto de dividir e dividir... vários alunos lembraram quase que simultaneamente do conceito de átomo, pois já haviam estudado o átomo e modelos atômicos em Química.

Ao prosseguir, perguntamos se esse átomo estaria parado e, intuitivamente, os alunos disseram que não. Em seguida, perguntamos o que acontecia com o movimento desses átomos ao jogarmos água quente - lembrando que a substância ou o corpo se expande. Não foi difícil para alguns concluir que, quando a substância se aquece, no nível microscópico, esse movimento aumenta causando maior distanciamento entre esses átomos, e o corpo, no nível macroscópico, expande-se ou dilata-se. Já com o resfriamento ocorre o inverso, e este é o pressuposto fundamental da Teoria Cinético-Molecular que vimos emergir nas explicações de alguns alunos e fizemos questão de dividir com toda a classe ao perguntar se concordavam. A partir do que foi exposto, pudemos concluir junto aos alunos que a temperatura é uma medida indireta do estado de agitação médio das partículas de um corpo. Dizemos indiretamente, pois não conseguimos “ver” essa agitação, apenas temos uma idéia através da altura atingida pelo mercúrio do termômetro.

Em seguida, pedimos para os alunos relatarem os procedimentos que permitiram que realizássemos a experiência e a conclusão advinda de seus resultados.

Quadro 7: conclusões do experimento “garrafa borbulhante”.

Categorização das conclusões do experimento: garrafa borbulhante
a) Conclusões convergentes com a Teoria Cinético-Molecular: “Aprendemos que quando alguma coisa sendo líquido, sólido ou gasoso se esquentar, a agitação dos átomos é maior e faz com que se expandem e quando se esfria a agitação dos átomos é menor e faz com que se contraem” (A09; A15; A25; A26; A32; A33; A39; A44). b) Conclusão que contempla a relação da vibração atômico-molecular com a medida da temperatura: “De acordo com a temperatura os átomos se agitam mais ocupando mais espaço ou se agitam menos ocupando menos espaço. Aprendemos também que uma temperatura é medida de acordo com a agitação dos átomos de um corpo” (A41). c) Conclusão em que o aluno aponta a expansão do átomo e não sua maior vibração: “que quando você joga água quente os átomos se expandem e quando joga água fria eles contraem” (A02). d) Conclusões que não entraram no ‘micromundo’ e se basearam no que foi observado: “Ao jogar a água quente na garrafa a água do copo borbulha ou seja ocorre uma expansão. Ao jogar a água fria na garrafa o cordão da tripa de mico, suga a água do copo para a garrafa ou seja ocorre uma contração” (A16; A17; A18; A21; A22; A30; A38; A40; A43; A45). e) Conclusões que não correspondem ao que foi observado: “quando joga água fria na garrafa ela se expande e quando joga água quente ela desce para baixo e a substância química fazendo borbulhar” (A03; A07; A29).

Como pode ser observado no quadro acima, o experimento propiciou um raciocínio que nos levou a estabelecer uma relação entre o macroscópico e o microscópico,

haja vista que os alunos categorizados nos itens **a** e **b** perceberam essa relação e correspondem a uma porção significativa da classe (9 de um total de 23). Assim pudemos considerar, sobretudo, porque esses alunos passaram pelo ensino fundamental e não tiveram contato com trabalhos práticos que solicitassem a participação ativa deles. O aluno categorizado no item **c** transpôs a conclusão empírica de expansão das substâncias com o aquecimento para o átomo. Ou seja, quando aquecido, o átomo se expande também. Dessa forma, o que se aplica a uma substância que é um conjunto de átomos se aplica também ao átomo. Os alunos categorizados no item **d**, apesar da discussão sobre o átomo como elemento fundamental da matéria, escreveram suas conclusões baseados no que observaram macroscopicamente, o que não está errado, mas não deram ‘o passo a mais’ que queríamos.

Para retomar a discussão, apresentamos na aula seguinte um experimento complementar que consiste em colocar uma bexiga bem presa na boca de uma pequena garrafa de vidro e, ao mergulhar parte da garrafa numa bacia com água quente, a bexiga se enche devido à dilatação do ar no interior da garrafa e ao colocar a garrafa em uma bacia com água fria a bexiga murcha devido à contração do ar. Embora esse experimento provoque muitos risos e brincadeiras devido ao aspecto da bexiga murcha se expandindo e depois novamente murchando, foi útil para iniciarmos, novamente, a discussão sobre o que acontecia a nível atômico, conforme uma substância se aquece ou se resfria.

Posteriormente ao experimento da “garrafa borbulhante”, definimos, formalmente, o conceito de temperatura como sendo: **Temperatura uma medida do estado de agitação médio ou da energia cinética média das partículas de um corpo.** Aproveitamos para retornar ao texto: “A Termometria subsidiando o desenvolvimento da Termodinâmica” e ressaltar que conforme Francis Bacon já havia mencionado, o “calor” (sensação de quente ou frio) como algo sensível é relativo ao homem e não à natureza,

portanto pode ser variável, dependendo da disposição dos sentidos.

Isso posto, ressaltamos para os alunos que, ao tocarmos um objeto cujos átomos apresentam relativamente grande movimentação atômico-molecular, temos a sensação de quente e, ao tocarmos um objeto com menos vibração de suas partículas, temos a sensação de frio. Logo, o quente e o frio se relacionam com as sensações humanas, assim como a dor não está na broca do dentista, o quente e o frio não estão nos objetos, mas na interpretação que nossos órgãos sensórios fazem, portanto, para a natureza trata-se de mais ou menos vibração atômico-molecular.

Vale ressaltar que a propriedade da dilatação devido à maior agitação interna das partículas é observada no cotidiano, em diversas situações: (1) numa panela de pressão, o gás confinado em seu interior, recebe calor do fogo se expande e força a sua saída pela válvula na parte superior da panela; (2) o trilho de uma linha férrea tem espaçamentos para permitir a dilatação do trilho; (3) A formação de brisas, ventos, também ocorre devido à expansão (dilatação volumétrica) de massas de ar que, ao ocupar um volume maior, tornam-se menos densas e sobem por convecção. Conseqüentemente, massas de ar frio movimentam-se para ocupar o lugar do ar quente. Os termostatos e os reles (fáceis de representar e explicar o princípio de funcionamento) também têm seu funcionamento baseado na propriedade termométrica da dilatação. A dilatação térmica e suas fórmulas foram tema de uma aula posterior às aulas 9 e 10. Essa abordagem contextualizada esteve sincronizada com o caderno do aluno de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Física, ensino médio, segunda série, volume 1 – 2009, enviada pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, pois havia questões que pediam para o aluno listar itens que precisam ter sua temperatura controlada e, também, perguntavam como funcionava a lâmina bimetálica, etc.

Após termos discutimos as causas microscópicas da expansão e contração de substâncias, introduzimos a escala Kelvin e a noção de zero absoluto, pedindo a eles para relacionarem resfriamento e grau de agitação, até imaginarem um ponto onde teoricamente essa agitação cessaria. Foi ressaltado que esse ponto não foi atingido, mas que já se chegou a temperaturas próximas a ele e, que se fosse atingido, corresponderia a 273,16 °C abaixo de zero, ou – 273,16 °C. Dessa forma, repetimos os mecanismos de conversão e apresentamos:

$$T\text{ K} = T\text{ °C} + 273 \text{ ou } T\text{ °C} = T\text{ K} - 273$$

Consideramos que essa escala é a utilizada pelo Sistema Internacional de Unidades e que é uma escala considerada absoluta, portanto, não leva o termo *grau* como a Celsius e a Fahrenheit. Ou seja, falamos 27 °C, vinte e sete graus celsius ou 32 °F, trinta e dois graus fahrenheit, mas ao usarmos a escala kelvin, por exemplo, falamos 300 K, trezentos kelvin. Essa observação é importante, pois já encontramos em textos e até livros de climatologia escritos por professores de geografia, a temperatura em kelvin escrita erroneamente.

11ª e 12ª aulas

Nessas aulas, estrategicamente, colocamos exercícios até para distanciarmos um pouco da próxima semana, em que apresentaremos uma situação que iria contextualizar os trabalhos laboratoriais de expansão devido ao aquecimento, ou seja, será uma questão que cobrará o entendimento significativo do fenômeno da dilatação térmica em sua aplicação na natureza. Por isso, preferimos dar um tempo entre os experimentos e a questão problematizadora que envolve o fenômeno observado em laboratório para, dessa forma, avaliarmos se o trabalho laboratorial foi marcante o suficiente para ser “lembrado” pelos alunos no problema que iremos propor na semana seguinte.

Isso posto, para essas aulas (11ª e 12ª) preparamos uma lista de exercícios

sobre escalas termométricas incluindo, agora, a escala Kelvin. A propósito, os exercícios aplicados foram:

- 1) (UNIFESP) O texto a seguir foi extraído de uma matéria sobre congelamento de cadáveres para sua preservação por muitos anos, publicada no jornal *O Estado de S. Paulo* de 21.7.2002.

Após a morte clínica, o corpo é resfriado com gelo. Uma injeção de anticoagulantes é aplicada e um fluido especial é bombeado para o coração, espalhando-se pelo corpo e empurrando para fora os fluidos naturais. O corpo é colocado numa câmara com gás nitrogênio, onde os fluidos endurecem em vez de congelar. Assim que atinge a temperatura de -321° , o corpo é levado para um tanque de nitrogênio líquido, onde fica de cabeça para baixo.

Na matéria não consta a unidade de temperatura usada. Considerando que o valor indicado de -321° esteja correto e que pertença a uma das escalas, Kelvin, Celsius ou Fahrenheit, pode-se concluir que foi usada a escala:

- a) Kelvin, pois trata-se de um trabalho científico e essa é a unidade adotada pelo Sistema Internacional.
- b) Fahrenheit, por ser um valor inferior ao zero absoluto e, portanto, só pode ser medido nessa escala.
- c) Fahrenheit, pois as escalas Celsius e Kelvin não admitem esse valor numérico de temperatura.
- d) Celsius, pois só ela tem valores numéricos negativos para a indicação de temperaturas.
- e) Celsius, por tratar-se de uma matéria publicada em língua portuguesa e essa ser a unidade adotada oficialmente no Brasil.

- 2) (VUNESP) Para criar sua escala termométrica, Gabriel Daniel Fahrenheit (1686 – 1736)

teria se utilizado de três pontos fixos: o primeiro, obtido com uma mistura de gelo, água e sal amoníaco, correspondendo a 0°; o segundo, obtido misturando água e gelo, sem o sal, ao qual estabeleceu a temperatura de 32°, e o terceiro ponto, correspondente a 96°, colocando o termômetro na boca ou axilas de uma pessoa saudável. Se esses pontos fossem utilizados para calibrar um termômetro na escala Celsius, os dois últimos pontos corresponderiam a 0 °C e 35,6 °C, respectivamente, e o primeiro ponto corresponderia, aproximadamente, a:

- a) – 17,8 °C
- b) – 32 °C
- c) – 57,6 °C
- d) – 60,4 °C
- e) – 273 °C

Os demais exercícios foram feitos no caderno de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (caderno do aluno) nas páginas 15, 16, 17 e 22. Todos participaram e íamos, de carteira em carteira, conferindo a execução dos exercícios e fazendo as intervenções necessárias.

13ª e 14ª aulas

Para essas aulas havia uma grande expectativa, pois pretendíamos aferir se o entendimento foi de fato significativo e, com isso, se os alunos conseguiriam fazer uma relação entre o experimento realizado três semanas antes (9ª e 10ª aulas, uma semana na qual não tivemos aulas e a semana das 11ª e 12ª aulas) e uma situação natural. Para tanto, entregamos uma cópia de uma notícia do jornal *Folha de S. Paulo*, cujo título era: ‘Elevação do nível do mar ameaça praias e mangues em Santos: USP simulou o que

acontecerá se o Atlântico subir 1,5 metro até o fim do século em razão do aquecimento global’, em seguida entregamos duas perguntas:



Figura 08: recorte de jornal dado aos alunos para analisarem.

- 1) Discuta quais as possíveis razões para a elevação do nível do mar.
- 2) Na sua opinião existe alguma relação entre a elevação do nível do mar e o experimento realizado no laboratório (experimento com a garrafa pet).

O quadro 8 organiza as respostas dadas à primeira questão:

Quadro 8: respostas dadas à primeira questão

Categorização das respostas apresentadas na primeira questão: “Discuta as possíveis razões para a elevação do nível do mar”.
Apresentaram o derretimento de geleiras como responsável pelo aumento do nível do mar: “Por causa do aquecimento global, as geleiras estão se derretendo, aumentando o número de água e, por isso, o mar está se elevando” (A01; A02; A04; A09; A10; A14; A18; A22; A24; A25; A26; A28; A30; A36; A39; A41; A45). Apresentaram a expansão do mar com o aquecimento como causa da elevação do nível do mar: “Nesse caso em minha opinião, a expansão do mar é, porque a movimentação dos átomos da água aumentam com o calor fazendo com que o nível da água aumente, ou seja expandir” (A03; A12; A13; A16; A19; A21; A31; A32; A38; A43; A44). Apresenta a contração do ar com o aquecimento como causa da elevação do nível do mar. “com o calor do sol, o nível do mar continua o mesmo, porque com o calor o ar se expande empurrando a água p/baixo, quando o sol se põe, o calor se perde um pouco, deixando os átomos na sua agitação normal, fazendo com que a água do mar possa se elevar” (A11). Apresentam o Sol como responsável pela elevação do nível do mar: “Por causa do sol, pois é muito quente, para subir o nível do mar” (A03; A29). “O Sol a noite o calor e o frio” (A07).

As respostas acima que contemplavam o derretimento das geleiras devido ao calor como causa do aumento do nível do mar, item **a**, converge para o senso comum, mesmo em pessoas escolarizadas²⁰. Essas respostas nos permitiram inferir que esses alunos

²⁰ As geleiras que flutuam bem como a calota polar norte são extensões de gelo que flutuam sobre a água e, como sabemos, o gelo formado pela água doce é menos denso do que a água no estado líquido e se todo o gelo formado por água doce flutuante derreter não aumentará o nível dos oceanos. Agora o gelo que pode contribuir é o gelo que está sobre os continentes, por exemplo, sobre o continente antártico, pois se trata de gelo sobre terra e, ao escoar para o mar, pode contribuir, no entanto, devemos outro aspecto que a maioria não considera: a expansão térmica da superfície líquida do planeta Terra.

ficaram na superficialidade do raciocínio e não relacionaram o cotidiano com os conceitos trabalhados na escola. No entanto, as respostas agrupadas no item **b** relacionaram o aumento do nível do mar com a expansão térmica das águas e podemos inferir que, na primeira questão, esses alunos conseguiram transpor o saber escolar, aplicando o conhecimento científico a uma situação ambiental com implicações planetárias.

Particular atenção deve ser dada à resposta do item **c** (A11), pois apesar de não corresponder ao conhecimento científico atual sobre a expansão do nível do mar, sua resposta reporta-se ao conceito físico que foi usado no primeiro termoscópio de que se tem notícia: o termoscópio de Galileu funcionava de acordo com a explicação desta aluna A11, ou seja, o ar do bulbo de vidro ao ser aquecido empurrava a coluna de líquido para baixo e ao ser resfriado o ar contraía e o nível do líquido no tubo capilar subia, conforme a figura abaixo ilustra.

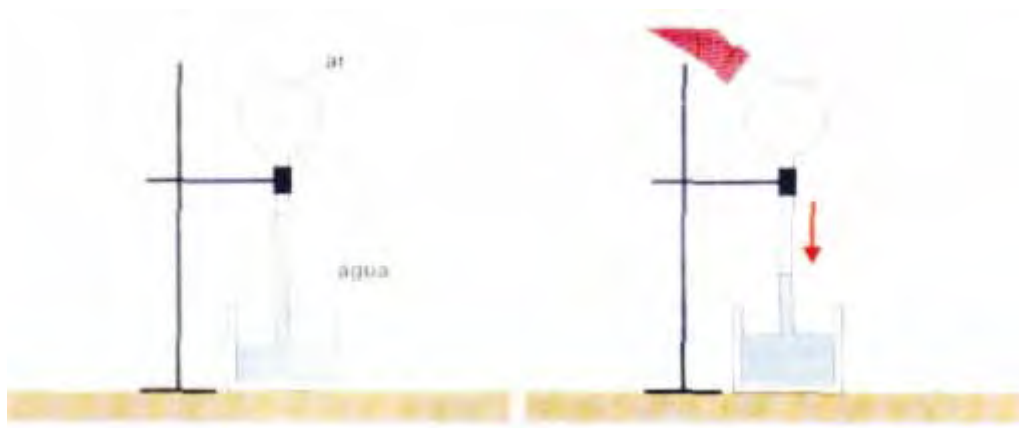


Figura 09: termoscópio parecido com o idealizado por Galileu. (CHIQUETO *et. al.* 1996).

Quando fizemos o experimento do termoscópio aquecíamos a substância termométrica (álcool colorido) e ela subia pelo tubo capilar. Mas, ao aquecermos também o ar contido na garrafa, este empurrava o álcool com maior rapidez, no entanto constatamos em nossos registros que essa aluna, A11, havia faltado na prática do termoscópio o que nos leva a inferir que ela tirou essa conclusão observando o

experimento “garrafa borbulhante” e raciocinando com as conclusões que chegamos juntamente com os alunos ao final dessa experiência.

Na segunda questão ela aplicou novamente o mesmo raciocínio: *“Sim, porque com o quente a água continua no seu nível normal, e quando está frio a água se eleva” (A11).*

Vale ressaltar que, recentemente, constatou-se uma mudança na altura da tropopausa, que seria causado pela expansão desta devido ao aquecimento. Por outro lado, também se constatou a contração da estratosfera por resfriamento, haja vista que a diminuição da quantidade de ozônio desta camada estratosférica ocasionou uma menor interação entre esse gás com a radiação ultravioleta solar liberando menos calor e, conseqüentemente, resfriando-a e fazendo-a contrair de maneira que a tropopausa sofreu uma significativa mudança na sua estrutura.

...os clorofluorcarbonos (CFCs) destroem o ozônio e o ozônio absorve a radiação ultravioleta, emitindo calor no processo. Com menos calor produzido na estratosfera, esta camada da atmosfera esfriou e encolheu. Enquanto isso, na troposfera, níveis cada vez maiores de gases do efeito estufa estão aprisionando mais calor, fazendo-a expandir (FLANNERY, 2007).

A segunda pergunta que apresentamos acima, fechava mais a foco e forçava a relação entre o experimento realizado e o conceito envolvido com a situação ambiental. Dessa forma, a resposta não se fez esperar e os alunos relacionaram e responderam que sim:

Quadro 9: respostas dadas à segunda questão

Categorização das respostas apresentadas na segunda questão: “Na sua opinião existe alguma relação entre a elevação do nível do mar e o experimento realizado no laboratório (experimento com a garrafa pet)”.
Relacionaram a elevação do nível do mar com a e dilatação das águas: “Sim, tanto no experimento da garrafa quanto no mar, mostra a água expandindo pela mudança de temperatura” (A03; A07; A13; A17; A19; A21; A25; A28; A29; A30; A38; A39; A44; A45). Apontaram apenas a existência de átomos tanto no ar da garrafa pet, quanto nas águas do mar: “Sim: porque todas as materias são formadas por atomos” (A02; A04; A18, A24). Apontaram a movimentação dos átomos como consequência microscópica da dilatação das águas: “Sim, pois com o aumento de temperatura, aumenta a agitação dos átomos, quanto mais os átomos se movimentam mais o mar expande” (A09; A10; A12; A26; A32; A36; A41). Apontaram a expansão do átomo como consequência da dilatação: “Sim do mesmo jeito que o calor faz os átomos do ar da garrafa expandirem acontece o mesmo com os átomos da água do mar” (A01; A14; A16; A31; A43).

A questão 2 não pedia explicações baseadas na causas microscópicas da dilatação, mas visava relacionar aquecimento com expansão e, dessa forma, levar o aluno a uma postura mais crítica diante das notícias que muitas vezes são veiculadas pela mídia e que deixam uma noção de que apenas o derretimento do gelo causa a elevação do nível dos mares e não cita a dilatação térmica das águas como um outro fator de considerável importância. Assim, julgamos essa atividade importante na ‘alfabetização científica’ de nossos alunos.

No item **a**, quatorze alunos fizeram a relação da dilatação térmica com a elevação do nível do mar. Mesmo que não tenham explicado a nível atômico,

consideramos satisfatória as respostas, haja vista que a pergunta não cobrava uma resposta mais detalhada. De todos os alunos relacionados no item **a**, os que mantiveram uma opinião convergente com a conclusão do experimento “garrafa borbulhante” são: A17, A21, A30, A38 e A45. Já os alunos A16, A18 e A43 que na conclusão do experimento haviam escrito que o ar da garrafa se expandia devido ao aquecimento, nesta atividade já relacionaram esta expansão com o átomo.

Já os alunos: A03, A07, A29, que haviam dado respostas desconexas na conclusão do referido experimento, nesta atividade deram respostas coerentes e foram listados no item **a**.

Os alunos citados no item **b** foram sucintos em suas resposta, mas disseram que sim, ou seja, que havia relação entre o experimento e o aumento do nível do mar e disseram que isto se devia ao fato das substâncias ser compostas por átomos.

Conforme dissemos, apesar da pergunta 2 não cobrar detalhamentos, os alunos relacionados no item **c**, deram uma resposta mais completa que incluía a movimentação atômico-molecular e isso mostra uma visão integral que vai do macroscópico ao microscópico, o que não significa que os alunos dos itens **a**, **b** também não tinham essa visão, pois conforme dissemos a pergunta não cobrava até esse nível.

Um retorno ao quadro 7, que organiza as conclusões do relatório sobre o experimento “garrafa borbulhante”, nos mostrou que o aluno A02 havia considerado a expansão do átomo como explicação microscópica da dilatação aparente de uma substância e, ao percebermos essa concepção, fizemos a intervenção citada na análise feita do quadro, e notamos nesta atividade aplicada três semanas depois que este aluno deu uma resposta à segunda questão que não considerava mais a expansão do átomo, apenas disse que a elevação do nível do mar tem relação com o experimento, “...pois os dois possuem átomos”.

No item **d**, percebemos, no entanto, que houve mais respostas que davam conta da expansão do átomo como motivo da dilatação da substância como um todo. Infelizmente, nos ressentimos da falta de um professor de química que pudesse nos auxiliar e construir o conceito de átomo com nossos alunos. Na tentativa de sanar essa deficiência, retomamos o experimento e a discussão sobre o movimento atômico e a expansão ocorrer devido à maior agitação dessas partículas. No final, conseguimos a conclusão de que se toda substância aquecida expande-se não por que o átomo se expande, mas porque vibra mais, aumentando a amplitude de oscilação e o mar também sofrendo os efeitos do aquecimento global estava dilatando-se termicamente.

Aproveitamos para aprofundar a discussão e lembrá-los que o gelo é menos denso que a água, por isso flutua num copo cheio desse líquido. Logo, um cubo de gelo ao derreter ocupará, aproximadamente, o mesmo espaço ocupado anteriormente, portanto, o gelo formado pela água doce que está flutuando não contribui para o aumento do nível do mar. No entanto, conforme já relatado acima, o gelo cujo derretimento pode contribuir para a elevação do nível do mar é o que está sobre os continentes (terra), pois ao derreter-se escoará para os oceanos.

15ª e 16ª aulas

Nessas aulas iniciamos o estudo da calorimetria²¹, apresentando uma questão feita oralmente sobre o aquecimento e resfriamento de substâncias:

“Se colocarmos iguais quantidades 1 kg de metal e um 1 kg de água (lembramos que a água tem 1 kg/l, portanto um litro de água) sob o Sol, observaríamos o aquecimento igual tanto no metal quanto na água?”.

Como essa situação é facilmente observada no dia-a-dia dos alunos, eles disseram que o metal se aquece mais. Lembramos, também, da areia da praia e da água na

²¹ O experimento realizado nestas aulas foram baseados no experimento proposto pela Experimentoteca do Centro de Divulgação de Ciência e Cultura da Universidade de São Paulo (CDCC – USP), disponível em:

porção mais rasa da praia, ou seja, a areia por volta do meio – dia e durante a tarde está aquecida, enquanto a água está mais fria. A partir destas constatações, o intuito foi responder o que acontece com a variação de temperatura se nós aquecermos substâncias diferentes (água e óleo de cozinha) com mesma massa fornecendo a mesma quantidade de calor. E também, aproveitamos para, em seguida, realizarmos o experimento cujo objetivo é responder se observaríamos a mesma variação de temperatura ao fornecermos a mesma quantidade de calor para mesma substância (água), mas agora com massas diferentes. Dessa forma, pudemos mostrar que substâncias diferentes têm diferentes capacidades térmicas, mas massas diferentes da mesma substância também têm capacidades térmicas diferentes.

Perguntamos novamente para os alunos, mas agora com as substâncias que usaremos no experimento:

“Se aquecermos a mesma quantidade de substâncias diferentes, por exemplo água e óleo de cozinha, fornecendo a mesma quantidade calor, a variação de temperatura é a mesma para as duas substâncias?”

Como já havíamos perguntado sobre a água e o metal, a água e a areia, os alunos disseram que não, muitos apenas balançaram negativamente a cabeça.

Em seguida lançamos outra questão:

“E agora se fornecermos a mesma quantidade de calor para quantidades diferentes, mas da mesma substância, por exemplo: água e água, a variação de temperatura é a mesma para as duas quantidades de água?”

Dessa vez os alunos ficaram pensativos, certamente porque não entenderam a questão pois, após reformulamos a questão, responderam que não. A nova questão foi:

“Imaginem que colocamos no fogão duas panelas iguais, uma com um copo de água (nesse momento tínhamos um copo no laboratório e o mostramos) e outra com um

litro de água, então fornecemos a mesma quantidade de calor, ou seja, fogo na mesma altura. A variação de temperatura é a mesma para as duas quantidades de água?”

Após essas questões, demos início aos procedimentos que culminariam na experiência que desenvolveu o conceito de Capacidade Térmica. Para dar início ao processo, reunimos os alunos em grupos nas bancadas e lhes equipamos com cronômetros digitais e termômetros, dois digitais tipo espeto e um de álcool colorido. Gostaríamos de ressaltar que os termômetros digitais permitem grande precisão e rapidez nas medidas e eram novidade para os alunos que se mostraram empolgados com sua utilização. Após distribuímos os demais materiais necessários para a realização do experimento, colocamos uma quantidade de álcool na lamparina (essa quantidade foi anotada), e com uma proveta medimos 100 ml de água que corresponde a 100g ($d_{\text{água}} = 1\text{g/ml}$). Medimos também a temperatura inicial da água e, na tabela, anotamos o valor correspondente ao tempo de 0,0 minuto. Após esse procedimento, aquecemos a água e tomamos nota das temperaturas a cada minuto, agitando sempre a água para que a temperatura do líquido se uniformizasse. Assim, tínhamos a medida de tempo graduada em minutos e para cada minuto tínhamos sua temperatura correspondente. Em seguida, retiramos a água do béquer, resfriamos a ele e ao termômetro, verificamos quanto de álcool fora queimado e reabastecemos a lamparina, a fim de termos novamente a mesma quantidade de álcool e, assim, garantirmos o mesmo fornecimento de calor para aquecermos a outra substância (óleo). Considerando $d_{\text{óleo}} = 0,9\text{ g/ml}$, utilizamos uma proveta para medirmos 111 ml e, assim, termos 100 gramas de óleo e os procedimentos com o óleo foram os mesmos da água.

Após anotarmos os valores da temperatura do óleo a cada minuto que decorria, resfriamos o béquer com o óleo aquecido e, em seguida, acondicionamos o óleo numa garrafa. Fizemos questão de observar que o óleo é altamente poluente e nos asseguramos que todos ouvissem as informações contidas num panfleto obtido com uma

ONG²² no qual constava o prejuízo ambiental provocado pelo óleo e que instruía como se deve acomodá-lo e levá-lo até um posto de coleta. Informamos o local da coleta e dissemos que o destino daquele óleo usado no experimento seria esse local para ser posteriormente reciclado.



Figura 10: alunos realizando o experimento de capacidade térmica e anotando os dados.

17ª e 18ª aulas

Para finalizar o experimento iniciado na semana passada, entregamos as tabelas para que os alunos completassem a terceira coluna que se referia ao aquecimento de 50 gramas de água. Esse experimento também partiu das mesmas condições que os dois outros experimentos anteriores haviam partido, ou seja, com a mesma quantidade de combustível, medindo a temperatura inicial, zerando o cronômetro e iniciando as medidas.

Essas medidas foram anotadas numa tabela cuja primeira coluna recebeu as

²² O panfleto divulgava o projeto 'Ambiente Limpo' da ONG COMVIDA e trazia informações sobre o poder poluente do óleo: "Um litro de óleo contamina cerca de 1 milhão de litros de água, a quantia que uma pessoa consome em 14 anos". Trazia, também, o locais de coletas sites e telefones contatos além de como proceder

medidas de tempo registradas no cronômetro; na segunda coluna, anotava-se os valores correspondentes da temperatura da água 1 (100 g); na terceira, coluna anotava-se os valores de temperatura do óleo de cozinha (100 g); na quarta, coluna tínhamos os valores da água 2 (50 g); e a quinta, sexta e sétima colunas eram destinadas ao cálculo da variação de temperatura, respectivamente da água 1, do óleo e da água 2. Em seguida, logo abaixo da tabela existe um gráfico de temperatura $\times$ tempo para receber os valores das temperaturas das três substâncias. No entanto, no gráfico, o eixo da temperatura e do tempo não estavam na mesma escala e os professores de matemática que participam do projeto apontaram essa deficiência. Mesmo assim, pedimos para que os alunos traçassem as curvas de aquecimento, mas para manter o rigor matemático, distribuímos folhas de papel quadriculado e pedimos para que novamente traçassem as curvas. Essa folha de papel quadriculado foi grampeada junto com a folha principal, a propósito a tabela e o gráfico estão representados a seguir.

Vale ressaltar que ainda não havíamos definido a caloria que é a unidade usual de calor, pois apenas queríamos definir inicialmente o conceito de Capacidade Térmica e verificar o aquecimento diferenciado das substâncias sob as condições descritas acima. Com relação ao calor, neste primeiro momento, tivemos o cuidado de chamarmos a atenção do aluno para o fato de que a quantidade de combustível (álcool) na lamparina no início do aquecimento da água 1 (100 g), do óleo (100 g) e da água 2 (50 g), era rigorosamente a mesma e, com isso, fundamentar a idéia que o calor transmitido era o mesmo e isso transcorreu sem maiores problemas, mesmo nossos alunos ainda não terem formalmente estudado o conceito de Calor.

Julgamos necessário salientar que não há problema algum em discutir de início o conceito de calor juntamente com a riqueza de sua história que nos legou diversos termos. O próprio termo ‘Capacidade Térmica’, usado até hoje, foi concebido num momento histórico em que se imaginava o calor como uma substância (Teoria Substancialista do Calor ou Teoria do Calórico) e os corpos teriam, então, “capacidade” de reter essa substância. Hoje, porém, o calor é concebido como uma forma de energia em trânsito é um grave erro afirmar que um corpo contém calor, mas o termo continua sendo usado. Também a unidade mais usada, e que não pertence a nenhum sistema de unidades, a **caloria** é decorrente da Teoria do Calórico e é a mais popularizada e usada por profissionais, sobretudo os nutricionistas.

Optamos por realizar o experimento que subsidiaria aos alunos o aprendizado do conceito de Capacidade Térmica antes de ensinarmos os conceitos de Calor e Calor Específico, por entendermos que o conceito de Capacidade Térmica pode ser inferido. Tal dedução ocorre ao admitir a taxa de fornecimento de calor constante e igual para as três substâncias, e verificar como suas temperaturas variam diferentemente. Outra possibilidade é usar o experimento para iniciar a discussão sobre essa propriedade que as

substâncias têm de se aquecer de modos diferentes. Com isso, chegamos ao conceito de calor específico e à necessidade de se estabelecer uma unidade de medida para o calor e facilitar o entendimento desses conceitos tão fundamentais, haja vista que nossos alunos não estão acostumados com trabalhos práticos nem a construírem seus conhecimentos.

Voltando ao experimento, representaremos em seguida a tabela preenchida pelo grupo 2 que era composto pelos alunos: A04; A16; A18; A22; A24; A26; A32; A33; A36; A47.

t (min)	T (°C) água 1	T (°C) óleo	T (°C) água 2	ΔT (água 1)	ΔT (óleo)	ΔT (água 2)
0	19	16	19	-	-	-
1	25	21	28	6	5	9
2	30	35	41	5	14	13
3	36	49	49	6	14	8
4	41	57	59	5	8	10
5	47	68	68	6	11	9
6	52	77	75	5	9	7
7	56	84	79	4	7	4
8	60	91	85	4	7	6

Agora apresentamos a tabela preenchida pelo grupo 4. Note a maior precisão na tomada das temperaturas que se deve à utilização, por este grupo, de um termômetro digital enquanto que o grupo supracitado (grupo 2) usou um termômetro convencional. O grupo 4 era composto pelos alunos: A01; A06; A21; A31; A38.

t (min)	T (°C) água 1	T (°C) óleo	T (°C) água 2	ΔT (água 1)	ΔT (óleo)	ΔT (água 2)
0	21,8	24,0	21,9	-	-	-
1	24,9	32,7	28,2	3,1	8,7	6,3
2	32,6	41,5	36,8	7,7	8,8	8,6
3	37,5	47,7	44,1	4,9	6,2	7,3
4	41,9	55,4	51,2	4,4	7,7	7,1
5	46,2	62,3	57,0	4,3	6,9	5,8
6	50,2	70,7	60,3	4	8,4	3,3
7	54,7	77,7	64,0	4,5	7	3,7
8	57,6	84,6	67,5	2,9	6,9	3,5

Podemos notar nas tabelas uma diferença na variação de temperatura. Isso se deve ao fato de que os grupos não usaram o mesmo tipo de lamparina ou fogareiro. Havia grupos com lamparinas maiores e barbantes, que conduzem o álcool, mais grossos e grupos com lamparinas menores e barbantes mais finos, podemos inferir essa diferença na taxa de aquecimento pelas temperaturas finais (no oitavo minuto) obtidas pelas substâncias:

Temperatura final da água 1: grupo 2 = 60 °C e grupo 4 = 57,6 °C.

Temperatura final do óleo: grupo 2 = 91 °C e grupo 4 = 84,6 °C.

Temperatura final da água 2 = 85 °C e grupo 4 = 67,5 °C.

Outra evidência foi as variações de temperatura do grupo 2, ligeiramente maiores que do grupo 4.

Outro aspecto que fica evidente na tabela são as temperaturas iniciais:

A temperatura inicial da água 1:

Grupo 2: 19 °C e grupo 4: 21,8 °C (variação de 2,8 °C).

A temperatura inicial do óleo:

Grupo 2: 16 °C e grupo 4: 24 °C (variação de 8 °C).

A temperatura inicial da água 2:

Grupo 2: 19 °C e grupo 4: 21,9 °C (variação de 2,9 °C).

Conforme já citamos, uma possível causa da maior precisão do grupo 4 em relação ao grupo 2 é a utilização dos termômetros convencional pelo grupo 2 e digital pelo grupo 4. No convencional, a aproximação fica por conta de quem está medindo, no entanto, não podemos atribuir mais de 2 graus a erro de precisão do termômetro e como a água saiu da mesma fonte, podemos considerar que o manuseio do grupo, o contato mais prolongado do becker com a mão, que está naturalmente aquecida, pode ter influenciado. Isto também é uma hipótese a se considerar na diferença observada no óleo que, por ter um menor calor específico, apresentou maior variação. Aliás, observar esses fatos “inesperados” que emergiram da prática laboratorial poderia se constituir em valiosos elementos de análise para potencializar o conceito de Capacidade Térmica e, conseqüentemente, introduzir o conceito de Calor Específico de uma substância. Ou seja, usar esses dados para construir esse conceito.

Pretensões à parte, é preciso considerar que nossos alunos, conforme já ressaltamos, apesar de estarem no penúltimo ano do ensino médio, não estão acostumados a trabalhos práticos e, portanto, precisamos paulatinamente aumentar-lhes a autonomia, o raciocínio e o poder de análise. Por isso, nos limitamos à proposta original do experimento que é a verificação da relação entre a quantidade de calor (constante), a massa das substâncias envolvidas e da temperatura final atingida por elas e, dessa forma, construir o conceito de Capacidade Térmica.

Após as medidas, os grupos construíram os gráficos temperatura $\times$ tempo, e mais uma vez a vantagem da presença de uma professora de Matemática no grupo se fez sentir, pois sua orientação foi fundamental na construção do gráfico em escalas equivalentes. Assim, os alunos puderam observar a tabela que mostrava que 100g de água (representado como $agua_1$ na tabela preenchida pelos grupos) variava bem menos sua temperatura que 100g de óleo e, conseqüentemente, no gráfico a curva de aquecimento do óleo ficava bem mais inclinada do que da água¹. A seguir apresentaremos um gráfico feito por um aluno do grupo 2 (A04):

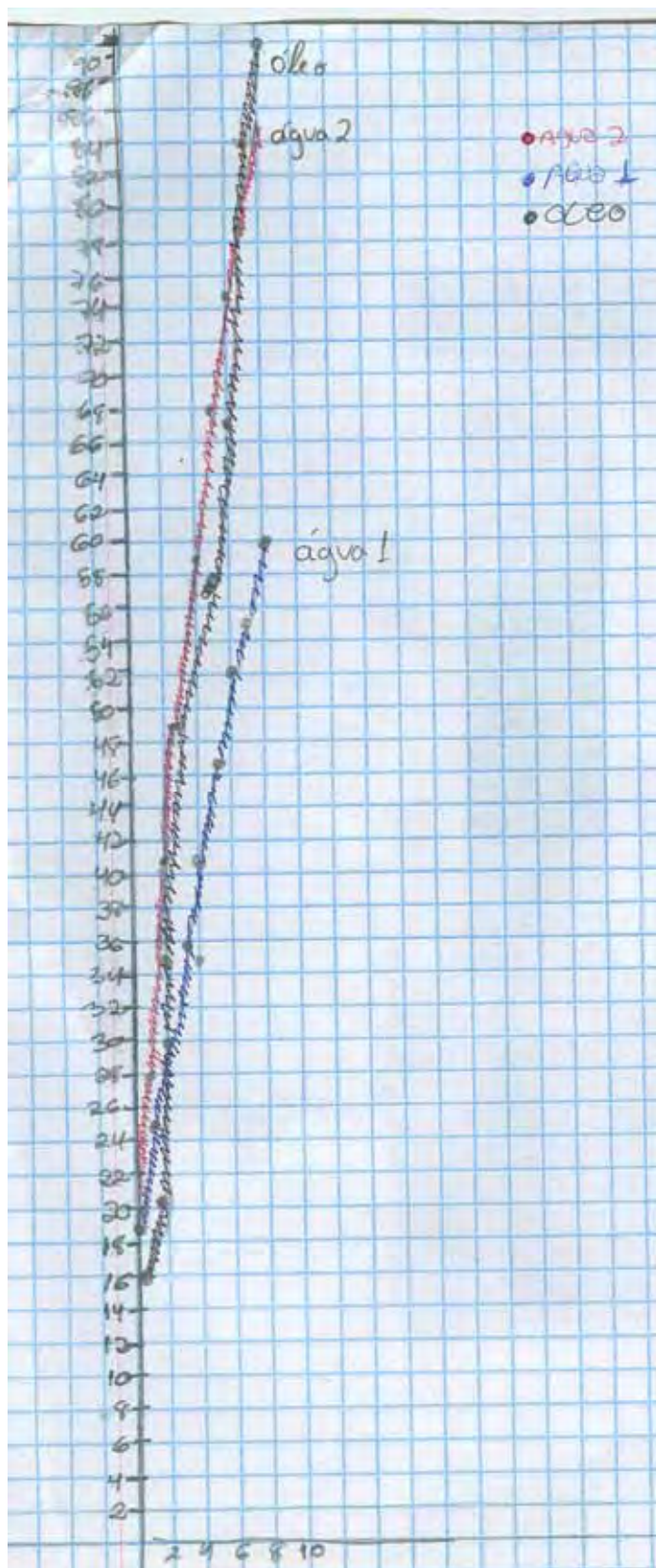


Gráfico 01. Gráfico Temperatura x Tempo de um aluno do grupo 2

Agora um gráfico construído por um aluno do grupo 4 A(21):

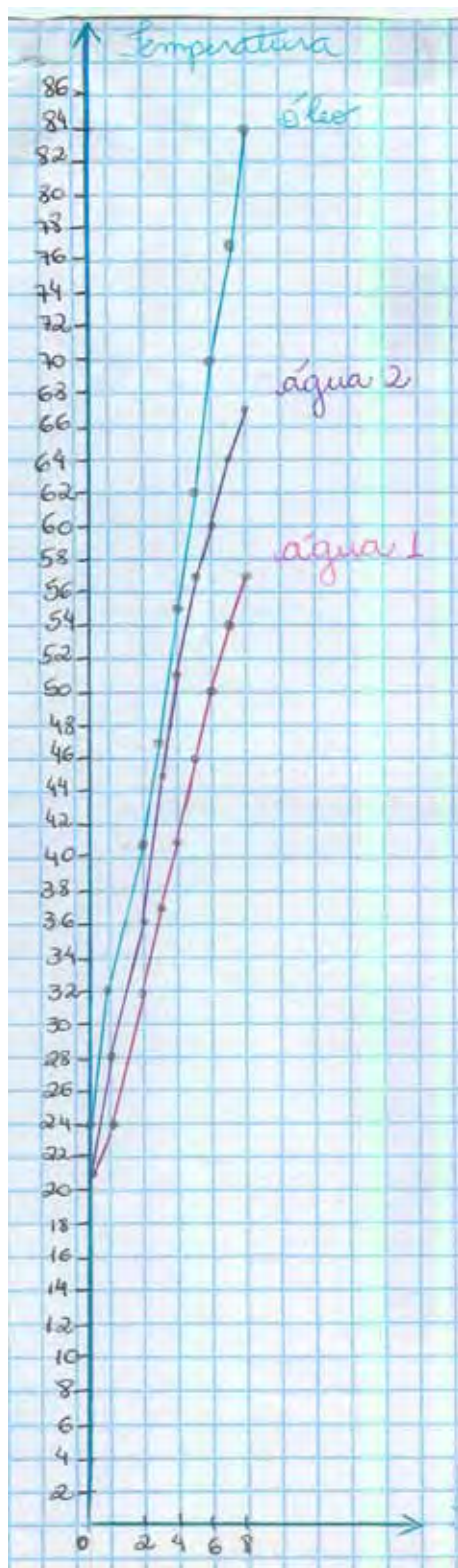


Gráfico 02. Gráfico Temperatura x Tempo de um aluno do grupo 4.

Isso posto, ficou claro que a água tem maior capacidade térmica do que o óleo, ou seja, recebe a mesma quantidade de calor, mas varia menos a sua temperatura, para ilustrar uma aplicação desse conceito, perguntamos aos alunos:

P: “Em qual momento a água da piscina está mais aquecida, às onze horas da manhã ou à tarde, mais ou menos no final da tarde?”.

Apesar de alunos que freqüentam a escola pública dificilmente ter piscina construída em casa, há muitos clubes populares em nossa cidade e, também, existem muitas piscinas de fibra que são mais fáceis de obter. De qualquer forma, as respostas de diversos alunos davam conta de que, ao final da tarde, a piscina estava mais aquecida e todos os outros concordaram, pois fizemos questão de repetir para o restante da classe a resposta que seus colegas deram e perguntamos se eles concordavam e os demais deram seu aval.

Ao continuarmos o processo, questionamos sobre o concreto ao lado da piscina, um pedaço de metal, por exemplo, a grade de proteção da piscina e eles disseram que o metal ou o concreto se aqueceriam mais rapidamente do que a água. Considerando que o Sol emite quantidades iguais de radiação para a água e para o concreto ou metal, concluímos que esses materiais tem capacidade térmica menor do que a água. Lembramos, também, a relação entre a areia na praia e da água do mar²³.

Após essas considerações, entregamos as seguintes questões:

²³ Essa relação é fundamental para entendermos a formação da brisa marítima quando entrarmos em transmissão de calor por convecção. Também é fundamental para entender, na disciplina de Geografia, a

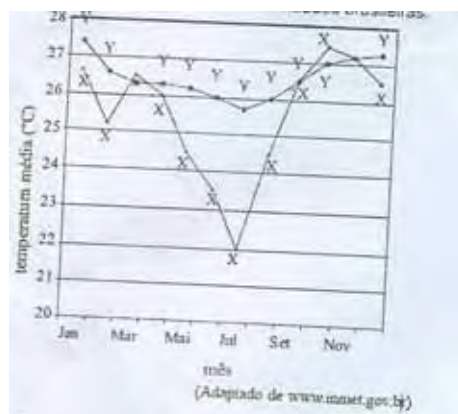
QUESTÕES SOBRE CAPACIDADE TÉRMICA

- 1) Se colocarmos iguais quantidades de água e ferro sob o sol, qual se aquece mais rápido?
- 2) E agora se colocarmos 3 litros de água numa panela e colocarmos a panela na chama de um fogão e noutra chama igual, colocarmos outra panela só que com 1 litro de água, sendo a mesma substância e a mesma quantidade de calor fornecida, as duas quantidades de água aquecem-se igualmente.
- 3) O planeta oceano. Olhando a Terra dessa perspectiva, torna-se difícil justificar o nome do planeta.



Sabemos que a superfície terrestre é composta por aproximadamente 70% de água, considerando as propriedades térmicas da água, que resultado isso traz para nosso planeta, para facilitar o raciocínio imagine que ao invés de 70% de água a superfície terrestre fosse 70% de areia ou metal.

- 4) Muitos são os fatores que influenciam o clima de uma região. No Brasil, país de dimensões continentais, as diferentes variáveis climáticas com temperatura, precipitação, umidade e insolação podem ser muito diferentes de uma região para outra. O gráfico apresenta valores da temperatura média, ao longo do ano, em duas cidades brasileiras: Fortaleza e Campo Grande.



- a) Tendo em vista apenas efeitos associados a propriedades térmicas dos materiais, qual das duas cidades seria representada por X e qual seria representada por Y?
- b) Explique esse fenômeno.

Na primeira questão, todos os alunos responderam que o ferro se aquece mais rápido, e na segunda questão, também todos os alunos responderam que um litro de água esquenta mais rapidamente. Essas questões simples e fundamentais nos permitirão deduzir a fórmula, ou seja, a equação que nos permite calcular a capacidade térmica das substâncias e que foi deduzida após a aplicação do questionário.

Com a terceira questão, pretendíamos aplicar esse conhecimento para entendermos a importância da água na estabilidade térmica de nosso planeta, pois, como já dissemos, a água devido a sua grande capacidade térmica demora a se aquecer e também para se resfriar, como nosso planeta tem sua crosta coberta por, aproximadamente, 70% de

água, isso garante uma estabilidade térmica que permite o desenvolvimento e a manutenção da vida. Assim, podemos considerar que a grande capacidade térmica e o alto calor específico são aspectos físicos que juntamente com os aspectos biológicos e químicos tornam a água tão essencial e importante para os seres vivos.

As respostas a essa terceira questão também revelam que os alunos aplicaram bem essa característica física da água, pois todas as respostas, umas mais elaboradas e outras mais sucintas, davam conta de que a amplitude térmica seria grande.

“Iria ser muito calor de dia e a noite muito frio a ponto que o ser humano não conseguiria sobreviver e por isso é importante o planeta ter 70% de água porque a água estabiliza a temperatura” (A13; A16).

“se fosse areia ou metal iria esquentar muito durante o dia e a noite iria esfriar rápido” (A07; A14; A18; A19; A21; A29; A30; A38; A39).

“Devido ao grande numero de água mantem a temperatura” (A02).

“A agua esquentar e esfria mais devagar, com isso mantem uma temperatura agradável para nossa sobrevivência” (A26; A36).

“A terra seria muito quente durante o dia, e seria muito frio durante a noite, porque areia esquentar facil e esfria facil, a agua mantem esse meio termo porque ela esquentar devagar e esfria devagar” (A04; A24; A32; A47).

“O resultado é que a água demora para esquentar, mais também demora p/ esfriar. Então enquanto é dia a água vai esquentando e quando chega a noite e água demora p/ abaixar a temperatura, então não fica nem tão quente mais nem tão frio. Fica uma temperatura agradável” (A15).

A quarta questão merece especial destaque, pois foi uma questão elaborada para o concurso de efetivação de professores de Física da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, não colocamos os créditos na questão para não gerar um conceito

prévio de que a questão é difícil, mas, após o término da lista revelamos a fonte.

Nessa questão, partimos do global (planetário) para o local, e o gráfico revela a amplitude térmica em duas cidades brasileiras: Fortaleza e Campo Grande, respectivamente, uma cidade litorânea, logo com grande quantidade de água em seu redor e uma cidade praticamente no meio do continente cercada por superfície sólida. No item **a**, todos os alunos reconheceram no gráfico a cidade representada por X como sendo Campo Grande e a cidade representada por Y como sendo Fortaleza, devido à amplitude térmica em consequência da existência da extensa superfície líquida ao lado de Fortaleza e do solo que cerca Campo Grande. No item **b**, tivemos respostas bem elaboradas e respostas sucintas, mas, de uma maneira geral, todas as respostas revelaram o entendimento da situação apresentada.

Mesmo correndo o risco de sermos redundantes, trouxemos mais um exemplo, e este exemplo é bem perto, pois em Jaú há uma pequena reserva florestal conhecida com ‘Amadeu Botelho’ e fica a aproximadamente 2 ou 3 quilômetros do centro da cidade, onde o clima é ameno, enquanto no centro da cidade é cerca de 4°C a 5°C mais quente. Questionamos os alunos sobre uma possível explicação para este fato, mas eles encontraram explicação apenas na existência de árvores e vegetação. Isso, de fato, não está errado, mas a ocorrência de vegetação é que faz o solo reter água faz e provoca a diferença na temperatura. Já na cidade, o concreto o asfalto²⁴ têm menos capacidade em reter calor e, por isso, são mais eficientes em transmiti-los para o ar.

(...) O manto de matéria orgânica formado pelas folhas, frutos e galhos mortos sob as árvores (denominado de serrapilheira), aliado à ação das raízes no solo, bem como a diminuição do impacto das gotas de chuva sobre o mesmo devido à ação das árvores, permitem que os processos de infiltração d’água no solo sejam mais eficientes. Com isso, há o aumento da capacidade do solo de transmitir o calor absorvido, retardando o tempo de aquecimento do ar.” (MENDONÇA, DANNI OLIVEIRA, 2007)

²⁴ Este exemplo também pode ser explorado na disciplina de Geografia quando se aborda o efeito albedo das diversas superfícies geográficas: o ártico, florestas, desertos, planícies, etc.

Após essas questões, retomamos os exemplos citados na primeira e na segunda questão, e partimos para a dedução da fórmula e do conceito de Capacidade Térmica, como sendo a capacidade que um corpo tem de receber calor e variar sua temperatura, sendo que da primeira questão podemos inferir que: $C = Q / \Delta T$.

Ao falarmos da quantidade de calor, citamos sua unidade mais usual a caloria e concluímos, por análise dimensional, uma das unidades de medida do conceito de Capacidade Térmica, cal/°C.

18ª e 19ª aulas

A partir da unidade usual de medida de calor, a caloria, consagrada apenas pela prática e vivência social de nossos alunos, consideramos que havia chegado a hora de discutirmos essa unidade de medida e prepararmos um experimento demonstrativo, mas que não feriu o caráter investigativo, pois o professor questionava e requisitava a participação dos alunos. Esse experimento serviu para discutirmos a necessidade da unidade de medida e, conseqüentemente, o conceito de calor específico.

O experimento foi feito na sala de aula e consistia apenas em medirmos 100 ml de água numa proveta o que resultou numa massa de 100 gramas. Colocamos num béquer e este foi acomodado num tripé sobre um fogareiro. Então, medimos a temperatura inicial e pedimos para todos anotarem: $T_0 = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Acendemos o fogareiro e ficamos observando o termômetro. Quando este marcou $T_1 = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$ apagamos o fogareiro, anotamos o valor e pedimos para que os alunos calculassem a variação de temperatura: $\Delta T = T_1 - T_0$, o que resultou em $\Delta T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Observamos, então, que 100 gramas de água receberam uma quantidade de calor e variaram sua temperatura em $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e perguntamos:

P: “Agora, como podemos medir a quantidade de calor que foi fornecida pelo fogareiro?”

Obviamente essa pergunta ficou sem resposta e, então, começamos a discutir a necessidade da medição, algo planejado para se discutir no início de todo curso de Física em nível médio (1º Ano do E. M.). Nesse momento, falamos que é considerada uma grandeza física tudo o que se pode medir como comprimento, temperatura, tempo, etc, e não é considerada grandeza física aquilo que não se pode medir como bondade, amor, carinho, etc. Nesses casos, não se pode medir porque não há uma unidade de medida para esses sentimentos, enquanto que para comprimento foram estabelecidos unidades que são padrões como o milímetro, centímetro, metro, quilômetro, etc. Usamos a própria sala para ilustrar, dizendo a eles que imaginassem o centímetro e quantos desse trecho de um centímetro caberiam em nossa sala de aula. Falamos, também, que cada padrão é conveniente para o objeto que se queira medir: milímetro para dimensões menores como folhas, insetos, etc, quilômetros para dimensões maiores como a distância entre cidades, por exemplo.

Com essa introdução voltamos à questão do calor e perguntamos:

P: “Como o ser humano poderia medir o calor transmitido, como inventar uma ‘régua’ para medir o calor?”.

Novamente, a falta de respostas já era esperada e apenas lançamos a pergunta para despertar a curiosidade em nossos alunos. e então, consideramos que, como no experimento que havíamos acabado de realizar, os cientistas de alguns séculos atrás usaram a água como padrão e determinaram que a quantidade de calor necessária para aquecer em 1 °C um grama de água será denominada **caloria.** Portanto, uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar 1 °C a temperatura de um grama de água, logo: 1cal/g°C; ou, em ordem inversa, um grama de água precisa de uma caloria para aquecer de 1 °C. Colocamos essa definição na lousa e dissemos que estava estabelecida uma “régua” para medir calor.

A partir daí, passamos para a definição do calor específico colocando exemplos na lousa, ilustrando uma quantidade de água e uma quantidade equivalente de metal recebendo iguais quantidades de calor pelo mesmo método que havíamos sistematizado em laboratório, ou seja, mensurando a quantidade de combustível usado no fogareiro para aquecer a água e depois repondo a quantidade gasta e garantindo a mesma quantidade para iniciar o aquecimento do metal. Ao final, observamos a temperatura atingida pelas substâncias e por fim, definimos, genericamente, calor específico como sendo a quantidade de calor que um grama de uma determinada substância precisa para aquecer-se de um grau Celsius ($1\text{ }^{\circ}\text{C}$), por exemplo:

$$c_{\text{água}} = 1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C},$$

$$c_{\text{ferro}} = 0,11\text{ cal/g }^{\circ}\text{C},$$

$$c_{\text{mercúrio}} = 0,033\text{ cal/g }^{\circ}\text{C},$$

Chamamos a atenção para o fato de um grama de água precisar de uma caloria para aquecer um grau e o mesmo grama de ferro precisar de 0,11 cal e, conseqüentemente, se fornecêssemos uma caloria para um grama de água e para um grama de ferro, a água iria se aquecer de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, mas o ferro se aqueceria quase $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, conforme havíamos observado, de maneira similar, no laboratório com a água e o óleo.

Com essas informações voltamos ao experimento e pedimos para que os alunos colocassem em seus cadernos uma quantidade de água, 100 gramas, a variação de temperatura $\Delta T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o novo conceito (calor específico) que havíamos acabado de discutir: $c_{\text{água}} = 1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$.

Isso posto, retomamos a questão:

P: “Como podemos medir a quantidade de calor que foi fornecida pelo fogareiro?”.

Mesmo com todas as informações, os alunos, aparentemente, estavam

inseguros. Certamente, isso se deve ao fato deles não estarem acostumados a raciocinar e, com isso, construir seus conhecimentos. Consideramos essa realidade e fizemos algumas intervenções:

P: “Vejam bem, se 1 grama precisa de uma caloria para aquecer um grau Celsius, 100 gramas precisariam de quantas calorias para aquecer também um grau Celsius?”.

A intervenção esclareceu, e vários responderam que os 100 gramas precisariam de 100 calorias para aquecer um grau Celsius, então continuamos:

P: “Mas os 100 gramas de água aqui do béquer aqueceram-se apenas um grau?”.

Novamente vários alunos disseram que a água do béquer se aqueceu de 20°C. Para finalizar, perguntamos:

P: “Portanto quantas calorias foram fornecidas para 100 gramas de água para atingir 20 °C?”.

Aguardamos por alguns instantes até que o primeiro aluno a se manifestar nos disse, em voz baixa:

“Professor foi duas mil calorias?” (A26).

Respondemos que estava correto, enquanto olhávamos seus cálculos, em seguida:

“Acabei, vem ver se eu acertei” (A32; A47; A16; A33; A41; A15; A01; A36).

Em todos conferíamos se eles realmente haviam feito o cálculo, após isso dissemos que eles haviam utilizado a Equação Fundamental da Calorimetria sem que esta tivesse sido formalmente apresentada a eles. Colocamos a fórmula na lousa:

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

Frisamos que a quantidade em calorias era igual a quantos gramas tinha a substância (m), vezes quantas calorias cada um desses gramas precisava para aquecer-se de um grau (c) vezes quantos graus a substância se aqueceu no processo.

Fizemos mais alguns exercícios usando o ferro e o álcool. Aproveitamos para lembrar do conceito de Capacidade Térmica: quando temos mesma substância, mas em quantidades diferentes, e que pode ser simplesmente calculado como: $C = m \cdot c$, quantos gramas e quantas calorias cada um desses gramas precisa para se aquecer em um grau.

19ª e 20ª aulas

Ainda não havíamos definido Calor, pois na história do desenvolvimento desse conceito a Equação Fundamental da Calorimetria foi concebida num momento em que Calor não era considerado uma forma de energia, mas um fluido e, para não confundir-lhes com muitas informações, nas aulas anteriores em que eles estavam envolvidos nos trabalhos práticos e também para não tirar-lhes o foco destes trabalhos, resolvemos que este era o momento de discutir a evolução do conceito e falarmos sobre a Teoria do Calórico. Essa teoria consistia em dizer que o Calor era considerado uma substância que os corpos aquecidos tinham em excesso e os corpos frios tinham em menor quantidade e que, quando eram colocados próximos ou em contato, o calórico do corpo aquecido passava para o corpo frio até que a quantidade de calórico nos dois corpos fossem proporcionalmente equivalente. Para ilustrar colocamos o seguinte desenho na lousa:

Em seguida, distribuímos o texto: “Investigações sobre a natureza do calor”, em que o médico Julius Robert von Mayer investigou a natureza do calor e fez descobertas interessantes quando esteve na ilha de Java, na Indonésia. Nessa obra, publicada em 1840, ele observou que o sangue venal de seus pacientes apresentava uma coloração mais brilhante, um vermelho-vivo comumente encontrado no sangue arterial, mais oxigenado. Essa intrigante descoberta o fez constatar que em climas mais quentes a “combustão” dos

alimentos, necessária para manter o corpo aquecido, ou seja, para fornecer calor ao corpo, era menor do que em países de clima frio, por isso o corpo necessita de menos oxidação, o que resulta em mais oxigênio no sangue de habitantes de países quentes. Mayer publicou suas constatações em 1840, imaginando que o corpo retirava “força”, ainda não era usado o termo energia, dos alimentos e a transformava em movimento nos músculos ou em calor pelas reações de oxidação do sangue. Dessa forma, Mayer chegou à idéia de transformação. Essa idéia o empolgava e ele chegou a levantar a hipótese de que essa “força” seria constante no universo, sendo transformada nos processos físicos e químicos. Ao final desse texto, observamos que dos alimentos vem a energia para andarmos, subirmos escada. Lembrando-lhes que a energia envolvida no movimento é a energia cinética e quando subimos ganhamos energia potencial. Esses tópicos pretensamente são estudados no primeiro ano do E. M., no entanto, nossos alunos os desconheciam, mas não houve prejuízo para nosso processo de ensino. Continuando com essa linha de raciocínio, lembramos que apesar de todo corpo tender a entrar em equilíbrio térmico com o meio ambiente, nosso corpo num dia de inverno com temperatura ambiente de 15 °C consegue manter os 36,5 °C sua temperatura normal. Perguntamos, então, aos alunos como isso era possível e a resposta não tardou: eles relacionaram com os alimentos a manutenção da temperatura corporal, lembrando que no inverno sentimos mais atração por alimentos mais calóricos.

Nesse momento, realizamos uma experiência que também estava prevista no caderno do aluno. Tratava-se de uma experiência justamente para analisarmos a energia contida nos alimentos, e para esse fim, trouxemos torrada, nozes e castanhas moídas (dias antes procuramos fragmentar bem e deixa-las secando). Colocamos 50 ml de água num béquer, em seguida, medimos a temperatura inicial e pedimos para que os alunos observassem. Anotamos o valor: 22 °C e colocamos uma quantidade de torrada moída num

pratinho de metal (desses de sobremesa) e queimamos a torrada. Quando o fogo já se extinguia anotamos a temperatura final: 45 °C. Após, tentamos por várias vezes queimar a castanha, e somente conseguimos, pois, conforme dissemos, nós a fragmentamos e a deixamos secar. Já no livro do aluno, a orientação era para trazer a castanha, o amendoim, etc e, de acordo com o que mostravam os desenhos, inteiros, mas quando preparávamos a aula não houve jeito de alguma dessas oleaginosas entrarem em combustão quando inteiras. Um dos nossos questionamentos é se esse experimento havia sido testado antes de sua publicação no livro de Física do professor e do aluno. Enfim, felizmente, após diversas tentativas a castanha praticamente em pó funcionou e, partindo da mesma temperatura inicial, 22 °C a queima da noz levou os 50 ml de água ao seu ponto de ebulição 98 °C aproximadamente. Observamos que em Jaú, a aproximadamente 600 m acima do nível do mar, a água não ferve a 100 °C e explicamos para os alunos que os motivos dessa diferença de temperatura seriam tema de uma aula posterior.

Com esse trabalho laboratorial, questionamos os alunos qual alimento seria mais calórico e a resposta foi a noz. Curiosamente, a voz predominante era das alunas. Tivemos o cuidado de apontar que, apesar de calórico, esses tipos de alimentos são nutritivos e contém muitos óleos importantes para nossa saúde, aumentam os níveis do “bom” colesterol e diminuem os níveis do mau colesterol.

A conclusão de que o calor é uma forma de energia ficou mais fácil de ser aceita. Um dos motivos foi também porque citamos a experiência Conde de Rumford e de Humphry Davy, no século XVIII, na qual o atrito gerava calor. Pedimos, então, para que os alunos atritassem vigorosamente as mãos e procurassem sentir o resultado. A maioria relatou o aquecimento das mãos e a conseqüente emissão de calor, o quê reforçou a idéia de que a energia do movimento transformou-se no calor resultante. Com isso, concluímos

formalmente que calor é uma forma de energia que se manifesta em trânsito.

Com o ano letivo chegando ao final, pensamos em aplicar questões abertas que solicitassem dos alunos conhecimentos básicos da Física Térmica ou Termodinâmica e essas questões deveriam ter o mérito de se constituírem numa comprovação irrefutável das contribuições dos trabalhos práticos no ensino de Física. Para tanto, não poderiam ser questões trabalhadas recentemente e, pretensamente, deveriam ser questões polêmicas, ou seja, questões em que, anteriormente, os alunos explicavam de uma forma convergente com concepções do senso comum e, após os trabalhos, passaram a pensar de outra forma. Outro questionamento era se essa “nova forma” de pensar, convergente com a concepção científica, realmente fazia sentido para o aluno, se ele passou a significar o mundo segundo essa nova visão.

Escolhemos as questões relativas à sensação térmica juntamente com questões relativas ao fato dessas sensações estarem ligadas ao material que tocamos e, por fim, uma situação que aplica a noção de expansão de uma substância com o aquecimento. Aplicamos essas questões em 23 de novembro de 2009.

QUESTÕES DE REVISÃO

Nome.....nº.....data.....

- 1) É muito comum utilizarmos o tato para podermos sentir a temperatura, por exemplo, para descobrir se uma pessoa está com febre ou não, esta prática é muito útil, mas, cientificamente, podemos confiar inteiramente no nosso tato?
- 2) Se tocarmos um pedaço de metal e um pedaço de madeira que foram deixados em contato por bastante tempo num mesmo ambiente, sentiremos a mesma temperatura? Qual nos dará uma sensação de frio?
- 3) Escreva alguns materiais que, quando tocados, transmite uma sensação de frio e em seguida escreva alguns materiais que não nos dá essa sensação de frio.
- 4) Com relação aos primeiros materiais que selecionou acima explique porque sentimos frio ao tocá-los e em seguida porque não temos essa sensação nos materiais seguintes.
- 5) A esterilização de instrumentos cirúrgicos que antes era feita em banho de vapor hoje é feita em estufas apropriadas. Por que não é possível esterilizar um termômetro clínico da mesma maneira? Que método você proporia para fazê-lo?

A primeira questão já havíamos feito, com outras palavras, em 6 de abril de 2009 e as demais questões foram trabalhadas também em abril. Isso nos permitiu um bom distanciamento temporal para aferir a permanência das concepções que foram trabalhadas. A análise das respostas da primeira questão nos revelou que todos os alunos não consideram mais o tato como inteiramente confiável:

“nosso tato não é confiável” (A01).

“não pois o tato não é exato” (A02; A17; A26; A36).

“não, quando tocamos os objetos, sentimos uma temperatura, mas nem sempre a temperatura que sentimos é a que o objeto se encontra” (A03).

“totalmente não” (A40; A45).

“não” (A09; A14; A15; A16; A18; A30; A37; A39)

“Não, por que a temperatura do nosso corpo varia, a vezes a minha mão esta quente, e pode me passar a impressão de que é febre” (A32, A47).

A resposta do aluno A03 nos remete às questões feitas oralmente pelo professor, e já relacionadas acima, nas quais os alunos deveriam imaginar as seguintes situações: um carpete em contato com um piso de cerâmica, por um longo período de tempo numa sala, se após isso ambos apresentariam a mesma temperatura, também se uma placa ou chapa de metal parcialmente encoberta com um pedaço de lã, também após um período de tempo, apresentariam a mesma temperatura (ver 3ª e 4ª aulas). Nós nos lembramos que nesse momento os alunos já haviam concordado com a tendência universal ao equilíbrio térmico, havíamos dado o exemplo do bolo saído do forno e do refrigerante saído do congelador e ambos colocados sobre uma mesa, situação em que os alunos responderam que horas depois ou no dia seguinte o bolo e o refrigerante estariam na mesma temperatura. A partir daí, transferimos a tendência ao equilíbrio térmico para todos os objetos. No entanto, ao colocarmos a situação do carpete/piso e do metal/lã, os alunos,

naquele momento, ficaram pensativos e, então, trabalhamos a questão da sensação térmica e sua ligação com a condutibilidade dos materiais. Percebemos que o aluno A03 já relacionou, na primeira questão, a sua sensação com o material que toca. Já os alunos A32 e A47, mostraram a relação com o trabalho laboratorial das bacias com água quente, fria e na temperatura ambiente.

A segunda questão é bem empírica, e todos os alunos relataram que não sentiríamos a mesma temperatura, e ainda que o metal nos daria uma sensação de frio.

Na terceira questão todos os alunos listaram materiais condutores, como: alumínio, cobre, ferro, mármore, lata, etc, na relação dos materiais que nos dão sensação de frio e listaram materiais isolantes, como lã, madeira, isopor, carpete, algodão, jaqueta, etc, na relação dos materiais que não nos dá sensação de frio.

A quarta questão aprofunda um pouco mais na análise. Tivemos algumas respostas em que houve confusão:

“A gente sente frio nos materiais que isolam a temperatura” (A30).

“Porque os que nos dá sensação de frio fica ao ar livre e os que não nos dá esta sensação pois tem um isolante, ou seja, se esquentam. (A14; A40; A45)

A maioria, no entanto, registrou de maneira conveniente:

“Porque os materiais que nos dão a sensação de frio são bons condutores. E os materiais que nos dão a sensação agradável são isolantes” (A01; A02; A03; A09; A11; A15; A16; A17; A18; A19; A26; A33; A36; A39; A47).

Uma aluna A32 citou o equilíbrio térmico entre os materiais, mas mesmo com os materiais em equilíbrio, a sensação não é a mesma:

“O metal é condutor e a lã é isolante. Por isso que mesmo em equilíbrio térmico a sensação é de temperaturas diferentes, por que dessas características...”(32).

A quinta questão já havia sido apresentada em abril e resolvemos reapresentá-

la agora, em novembro, pois na primeira ocasião os alunos não sugeriram um método para esterilizar os termômetros clínicos. Outro diferencial é a explicação microscópica da expansão da substância termométrica e a conseqüente quebra do termômetro. A seguir destacaremos uma resposta que é representativa das demais:

“porque o mercúrio que tem dentro do termômetro esquentando, dilata (a nível microscópico os átomos se agitam rapidamente) e assim pode estourar. Para esterilizar eu proporia uma esterilização com álcool” (A47).

Consideramos que esta última atividade investigadora se constituiu num valioso instrumento para aferir as contribuições que os trabalhos práticos realizados não apenas no laboratório didático de Física, mas, também em sala de aula e que podem resultar no processo de ensino dos conteúdos escolhidos na malha conceitual que englobava todas as disciplinas no contexto do projeto FAPESP/UNESP. O que nos faz crer na contribuição efetiva dos trabalhos práticos é que esta última atividade foi aplicada com um intervalo de mais de sete meses, incluindo abril e novembro, pois, inicialmente, o trabalho laboratorial foi aplicado no começo de abril e a atividade investigadora deste trabalho foi aplicada no final de novembro.

Em nossa experiência como professor de Física, estávamos acostumados a notar que, nas avaliações, os alunos decoravam as fórmulas e os conceitos sem significá-los ou relacioná-los com a realidade que os cerca e, por isso logo esqueciam os conceitos físicos. Por isso, é preciso repensar o ensino e a aprendizagem de tais conceitos, reformular metodologias e apresentar uma maneira alternativa de abordar a Física, não mais apenas calcada em métodos enciclopédicos, memorísticos e matematizados, que levam o aluno a substituir o conceito pela fórmula. Isso poderá ocorrer, apenas se o aluno for questionado após ter recentemente memorizado essa ferramenta matemática, pois, sem uma aprendizagem significativa, esta muito provavelmente se escoará de sua memória. Não se

trata de eliminá-la, pois a fórmula é imprescindível e útil, mas em si, não pode substituir o entendimento do fenômeno físico. As equações devem ser construídas de maneira a fazer sentido para os alunos e fechar o ciclo em que partimos da linguagem cotidiana, nos apropriamos da linguagem científica e dimensionamos com a precisão da linguagem matemática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos ser melhor chamar a essa parte final de Considerações Finais ao invés de “Conclusão”, pois o projeto de pesquisa que avalia os impactos da cultura da cana-de-açúcar e de seus subprodutos prossegue até o final de 2010 na Escola Estadual Major Prado, em parceria com a UNESP/FAPESP e sua meta de melhorar a qualidade de ensino nesta escola ainda irá produzir mais resultados. Considerando que a educação sempre será motivo de preocupação, não apenas dos professores e da equipe diretiva da escola, mas da sociedade em geral, haja vista que, teleologicamente, é na sociedade que os efeitos de uma boa educação serão sentidos.

Os indícios mais significativos de que o objetivo de melhoria da qualidade de ensino foi alcançado se revelam nas dissertações de mestrado que foram desenvolvidas no âmbito deste projeto, (SANTOS, 2008; LABARCE, 2009), bem como diversos trabalhos relativos a essas dissertações aprovados pela comissão julgadora de eventos como o Encontro de Pesquisadores em Ensino de Ciências (ENPEC) e o Biological Sciences Ethics and Educacion (BIOED) e o livro que reuniu outros trabalhos desenvolvidos nesse

mesmo contexto, (CALDEIRA *et al.* 2008). Vale ressaltar, ainda, que há um projeto de mestrado sobre ensino de Química sendo desenvolvido no presente ano de 2010, além deste trabalho aqui apresentado que prossegue na escola com os alunos, agora no terceiro ano do ensino médio, no qual estamos abordando as transformações gasosas e máquinas térmicas e, em seguida entraremos em processos de eletrização, pois eletricidade consta no programa: “São Paulo faz escola” da Secretaria Estadual de Educação. No entanto, por questões de prazo limite no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência o trabalho teve que ser delimitado e formalmente apresentado.

A percepção de um saber plural, ou seja, de um estudo não fragmentado, tendo a interdisciplinaridade como um eixo fundamental, é posta pelo real e esse eixo fundamental esteve presente desde o início quando foi proposta para os professores participantes, a leitura do livro: “Globalização e Interdisciplinaridade” de Jurjo Torres Santome. Reforçando essa tendência tivemos como referencial teórico do projeto original o pensamento complexo proposto pelo sociólogo e filósofo francês Edgar Morin. A complexidade, segundo Edgar Morin, é um desafio imposto pela natureza, pois a aleatoriedade e o caráter probabilístico de muitos fenômenos, como as mudanças climáticas, as turbulências e até as flutuações das bolsas de valores, recusam qualquer maneira reducionista e determinista de pensar, negam também a ambição de se controlar e dominar o real. Morin usa o termo complexidade em seu sentido latino, “complexus” significa: o que está tecido junto, ou seja, os diversos fios de diversas cores, espessuras e tamanhos como unidades particulares que articulados formam um tapete, um todo harmonioso, portanto o cerne do pensamento complexo é: distinguir, mas não separar.

Com esse intuito, distinguimos a Termodinâmica na disciplina de Física que está intimamente relacionado ao projeto e realizamos uma pesquisa qualitativa realizando

uma série de trabalhos práticos e embasados numa epistemologia interacionista considerando que o conhecimento não se transmite, mas constrói-se. Com essa concepção invertemos a seqüência tradicional seguida em aulas de laboratório que pressupõe a realização de experimentos para ilustrar a teoria trabalhada em sala de aula e é baseada num roteiro de atividades elaborado pelo professor, que deve ser lido previamente pelo aluno e seguido sem questionamentos. O aluno, também, deverá examinar os instrumentos de medida para se familiarizar com o seu funcionamento e leitura de escalas. Se houver alguma dúvida, o aluno deverá se dirigir ao professor e, em hipótese alguma, a outro colega. Após avisar o professor o aluno permanecerá em seu lugar, aguardando sua vez de ser atendido. Essas orientações constam no “Manual de Laboratório de Física” (TIMONER, A, 1973, *apud*, RIBEIRO, 2001).

A propósito, a seqüência tradicional que ocorre no cotidiano e a qual nos referimos, pressupõe a apresentação da teoria e, após o contato com toda a teoria, demonstra-se o experimento para comprovar e mostrar a validade do conhecimento apresentado previamente. Nessa seqüência tradicional, o aluno é obrigado a seguir e executar fielmente as orientações que constam no roteiro e, portanto, não dão margem para que ele possa fazer modificações. Ora, se o aluno já não estabeleceu relações durante a exposição formal da teoria e, conseqüentemente, não a compreendeu, provavelmente o experimento não vai conseguir a façanha de possibilitar, por si só, o entendimento do conhecimento científico que se quer atingir. Outrossim, para o aluno, a simples demonstração realizada pelo professor constitui exceção e o mesmo prefere permanecer com a sua estrutura conceitual anterior, estabelecida sobre o conhecimento de senso comum.

Nos trabalhos práticos que realizamos, partimos do fenômeno e do

questionamento, solicitando a participação dos alunos na aula, pedindo-lhes para expor, sem preocupações, suas idéias sem termos, inicialmente, dado qualquer definição sobre os fenômenos, partindo da experiência e da abstração dos alunos sem que isso nos rotulasse de empiristas ou aprioristas, pois a interação abarca esses pólos e os fazem dialogar para se chegar a uma concepção mesmo que espontânea.

Ao analisarmos as respostas e nelas as concepções que os alunos tinham sobre os assuntos tratados, partimos para a seleção e adaptação de experimentos com o intuito de que esses experimentos pudessem ajudar os alunos a reavaliar suas concepções e, pretensamente, construir os conceitos científicos que atualmente julgamos corretos.

Percebemos que, ao se sentir valorizado, o aluno participa mais intensamente da realização dos experimentos e se interessa pelo que está sendo proposto, querendo participar de aulas que compreendem trabalhos práticos, como nas situações citadas no capítulo I, quando alunos que iriam embora mais cedo, ao nos verem entrando na escola, perguntavam se teriam aulas conosco e, ao receber uma resposta afirmativa, davam meia volta e voltavam para a sala de aula. Embora não possamos garantir a construção do conceito científico com a metodologia empregada por este trabalho, temos a segurança de afirmar que a possibilidade é maior e mais interessante. Para dizer isso, nos embasamos no fato de os alunos responderem de maneira correta às questões sobre sensações térmicas e termometria feitas em novembro, sendo que esses conceitos foram trabalhados sob auspícios dessa metodologia em abril, conforme consta no capítulo V. Queremos aqui ressaltar que os trabalhos práticos começaram no início do ano letivo.

Outro fato que corrobora nossa afirmação é o resultado do simulado ENEM, realizado pelas escolas públicas no segundo semestre e as questões desse simulado foram escolhidas pelos professores, em nosso caso, escolhemos questões de Física que envolviam

Física Térmica, especificamente sobre os assuntos trabalhados durante o projeto e os resultados nos mostraram que, dos 39 alunos que participaram, 29 acertaram mais de 50% das questões, sendo que 18 acertaram de 90% a 100%. Consideramos esses resultados satisfatórios, haja vista que haviam alunos transferidos que entraram no meio do ano.

Com esse resultado, podemos concluir que, ao entender um conceito e conseguir relacioná-lo às situações cotidianas, o aluno conseguirá, também, responder questões mais específicas como àquelas que constam em vestibulares e concursos. Por isso, julgamos importante o professor iniciar um processo de ensino de conceitos científicos com o uso de laboratório didático, fazendo um levantamento das concepções prévias dos alunos.

Conforme demonstramos nas atividades desenvolvidas no laboratório (capítulo V), a realização de boa parte dos experimentos é simples e utiliza materiais do dia-a-dia²⁵ ou equipamentos baratos. Particularmente, nos experimentos de Termodinâmica devemos atentar para a temperatura das substâncias, pois existem situações em que uma amostra de água deve estar quente e outra deve estar gelada e manter-se assim até que chegarmos à conclusão do experimento.

O que é absolutamente necessário e dificulta a realização de trabalhos práticos é a necessidade de planejamento cuidadoso por parte do professor que deve planejar as aulas com o intuito de que sejam eficazes. O professor deve considerar os desafios de saber o que fazer, quais textos são mais adequados para conduzir os alunos a uma melhor compreensão, quais questões serão apresentadas a eles, quais experimentos serão mais adequados para construir o conceito científico, haja vista as concepções que os

²⁵ Podem-se encontrar experimentos confiáveis e testados de baixo ou nenhum custo com explicações detalhadas no site: www.fc.unesp.br/experimentosdefisica.

alunos apresentarem.

Outro pequeno problema que encontramos foi o formalismo matemático que justificam os resultados que encontramos no laboratório, como no caso da relação entre as escalas termométricas e na quantificação da capacidade térmica das substâncias²⁶. A linguagem matemática é necessária para quantificarmos corretamente os fenômenos e, em nosso caso, não prejudicou o entendimento do conceito, pois partimos de uma linguagem cotidiana para construir uma linguagem mais científica e, após isso, utilizamos a linguagem matemática para quantificar o fenômeno.

Vale ressaltar que, na literatura, os autores apenas sugerem como os trabalhos práticos devem ser implantados sem, no entanto, dar exemplos claros de como fazê-lo. Cabe ao professor conduzir da melhor maneira possível o aprendizado de seus alunos, assim, a seqüência didática que apresentamos aqui foi elaborada com o propósito de auxiliar os alunos a compreenderem melhor os fenômenos térmicos e assimilar os resultados dos experimentos de modo mais fácil, desenvolvendo diversas habilidades, instigando-os a exercitar a análise dos resultados experimentais e a tirar as conclusões advindas dessa análise.

(...) o professor não precisa se preocupar em demasia em atingir os objetivos do seu planejamento, na tentativa de efetuar mudanças a qualquer custo nas representações dos alunos, mas sim incentivá-los a experimentar momentos de crescimento pessoal, estabelecendo uma relação de confiança estável entre professor e alunos, através de transferência pedagógica, produzindo os efeitos esperados da aprendizagem com a realização de experimentos que sejam marcantes para o aluno. (VILLANI *et. al.*, 1997, *apud*, RIBEIRO, 2001, p. 89).

Assim, conforme Ribeiro (2001), consideramos de vital importância a relação entre o professor e o aluno, pois são as intervenções do professor que auxiliam na solução

²⁶ Conferir no Capítulo V.

dos problemas e desenvolvem a curiosidade de pesquisar outros possíveis resultados. Para tanto, o professor precisa desenvolver a habilidade de colocar os problemas adequadamente, em um nível de dificuldade que os alunos possam resolver.

As maiores dificuldades que encontramos pautaram-se pela resistência dos professores em realizar um trabalho conjunto, pois estavam imersos em suas práticas e não havia diálogo entre as diversas disciplinas. Cada um trabalhava seu conteúdo de maneira desvinculada não só com as outras disciplinas, mas também com a realidade. Mesmo os limites da aula expositiva, falta de interação, transmissão de conteúdo, não consideração das idéias do aluno, pareciam não justificar a superação deste tipo de aula e os professores tiveram bastante dificuldade para “enxergar” sua disciplina como parte integrante do projeto.

O maior exemplo dessa dificuldade foi uma das professoras de matemática cuja intenção era relacionar a matemática vinculando-a ao projeto, dando mais significado aos seus conteúdos, mas não conseguia e pedia ajuda até para professores do departamento de matemática da UNESP/Bauru. Essa professora chegou a anunciar, para nosso grupo de Ciências da Natureza, que iria desistir do projeto, mas em seu íntimo ela queria achar uma solução, pois também estava descontente com os resultados obtidos com o ensino atual. Ela afirmava que trabalhava com aula expositiva, pois é o que se tem a disposição na escola pública. Nesse e em tantos outros casos iguais, o maior obstáculo desta superação é o limite teórico do professor.

Quando o professor está convencido de que não há outro caminho para que os alunos se apropriem da Matemática ou de outra disciplina, a não ser o que pressupõe aulas expositivas e embasamento no empirismo e, ainda, os caminhos alternativos que existem são muito difíceis não valendo a pena “pagar o preço”, não lhe resta, então, alternativa a

não ser assumir integralmente o caminho das aulas expositivas. No entanto, esse projeto foi proveitoso não apenas para os alunos, mas os professores, sobretudo os que continuaram, eles mudaram sua postura. Perceberam que são agentes ativos na construção de sua própria prática, sem esquecer que estão em interação com os demais e imersos nas limitações da escola.

E a referida professora de Matemática, que não conseguia contribuir com o projeto no início, atualmente participa dando sugestões e relacionando os conteúdos de sua disciplina com as demais disciplinas e ainda sugeriu, numa reunião no início deste ano que inaugurava uma nova fase no projeto, o tema que deveria articular todas as disciplinas.

Com isto queremos deixar claro que este trabalho aqui apresentado é apenas uma parte de nossa pesquisa que continua com os mesmos alunos, no presente ano, e ainda vai frutificar mais e mesmo o que aqui foi exposto, todos os dados coletados e ações executadas, serão alvos de revisões e análises mais aprofundadas como continuidade deste trabalho.

Mesmo com a falta de análises mais completas, pretendemos contribuir para que professores de Ciências da Natureza façam uma reflexão sobre a utilidade de laboratórios didáticos nas escolas de ensino médio revelando dados que corroborem a afirmação de que trabalhos práticos significativos e, inserido nesse universo, trabalhos laboratoriais permitem significativa contribuição ao ensino de Física e em particular da Termodinâmica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M., BARRETO, B. Um Diálogo com Trabalhos Sobre Experimentação nas Ciências do Ensino Fundamental. **Anais**: 3º ENPEC, 2001.

ARRUDA, S. M., SILVA, M. R., LABURÚ, C. E. Laboratório didático de Física a partir de uma perspectiva Kuhniana. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2001, v. 6 (1): p. 97 – 106.

BARBERA, O & VALDÉS, P.: El trabajo práctico en la enseñanza de las Ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.

BECKER, F. **A Epistemologia do Professor**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

BONJORNO, R. F. S. et. al. **Física**: vol 2. São Paulo: FTD, 1985.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Introdução. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRUSH, S. G. **Kinetic Theory**. Londres: Pergamon, 1965.

CALDEIRA, A. M. A. **Semiótica e a Relação Pensamento e Linguagem no Ensino de Ciências Naturais**. 175f. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Ciências. UNESP, Bauru. 2005.

_____, et al. O Processo de Ensino e Aprendizagem do Conceito de Energia: Interdisciplinaridade e Contextualização. In: ARAUJO, E. S. N. N., CALUZI, J. J., CALDEIRA, A. M. A. (Orgs.) **Práticas Integradas para o Ensino de Biologia**. São Paulo: Escrituras, 2008. p. 97 – 122.

CALUZI, J.J., ROSELLA, M. L. A., SILVA, Z. P. L. O Ensino da Termodinâmica Por Meio da Prática Social. In: SILVA, C.C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: Subsídios para aplicação no Ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.103 – 116.

CARVALHO, A. M. P. (coord.) **Termodinâmica**: um ensino por investigação. São Paulo: FEUSP, 1999.

CASTRO, R. S. **História e Epistemologia da Ciência:** Investigando suas contribuições num curso de Física de segundo grau. 1993. 173f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação e Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CARRASCOSA, J. PÉREZ, D. G., VILCHES, A. Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, ago. 2006, v. 23, n. 2: p 157-181.

CHIQUELTO, M. VALENTIM, B. PAGLIARI E. **Aprendendo Física:** vol. 2. São Paulo: Scipione, 1996.

CORREIA, M. FREIRE, A. Trabalho laboratorial e práticas de avaliação de professores de ciências Físico-Químicas do ensino básico. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, junho 2009, vol 11 nº1, pág. 4

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A. **Física**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1992.

DERISIO, J.C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 3.ed. São Paulo: 2007.

FLANNERY, T. **Os Senhores do Clima**. Rio de Janeiro: Record, 2007.

FLICK, U. **Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: ArtMed, 2004.

GARCIA, L. A. M. **Competências e Habilidades: você sabe lidar com isso?** Educação e Ciência On-line, Brasília: Universidade de Brasília. Disponível em: <www.uvnt.universidadevirtual.br>. Acesso em: 20 jan. 2010.

GASPAR, A. **Física** : vol 2. Ondas, Óptica, Termodinâmica. São Paulo: Ática, 2000.

GODOY, A. S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas possibilidades, **Revista de Administração de Empresas**, v.35, n. 2, mar./abr. 1995, p. 57 – 63.

GRACIA, A. L. C., MILAGROS, G. G. La Construcción de Problemas en el Laboratorio Durante la Formación del Profesorado: Una Experiencia didáctica. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 25(3), p. 435 – 450.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). São Paulo: Edusp, 1999.

HELMHOLTZ, H. L. F. The Conservation of Force. In: BRUSH, S. G. **Kinetic Theory**. Londres: Pergamon, 1965. p. 89.

LABARCE, E. C. **O Ensino de Biologia e o Desenvolvimento de Habilidades Cognitivas por Meio de Atividades Práticas e Contextualizadas**. 191f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências. UNESP, Bauru. 2009.

LUDKE, M. O Professor, Seu Saber e Sua Pesquisa. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 22, n. 74, 2001.

MACEDO, L. Competências e Habilidades: Elementos para uma reflexão pedagógica. Seminário ENEM, 1999. Disponível em <<http://www.cefetsp.br/edu/eso/competenciashabilidades.html>>. Acesso em 16/02/2010.

MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil, Editora. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MODELOS climáticos prevêem mais inundações para os próximos cem anos. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 31 jan. 2002, Folha Ciência, p.A12.

MORIN, E. **Ciência com Consciência**. Portugal: Publicações Europa-América, 1994.

_____, KERN, A. B. **Terra – Pátria**. 3. ed. Porto Alegre: Sulinas, 2002.

NEVES, J. L. Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**. São Paulo, v.1, n 3, 2º sem./1996.

OLIVEIRA, J. et al. Medição do tempo de reação como fator de motivação e de aprendizagem significativa no Laboratório de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.15, n.3: p. 301-307, dez. 1998.

PAINEL INTERNACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (Internacional Panel on Climatic Change – IPCC), Divulga informações científicas, sociais e políticas sobre as mudanças climáticas. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch> >. Acesso em: 10 fev. 2010.

PERRENOUD, P. **10 novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PETRAGLIA, I. C. **Edgar Morin**: A Educação e a Complexidade do Ser e do Saber. Petrópolis: Vozes, 2000.

POLIZELLE, M. A. L. **Desenvolvendo Competências e Habilidades na Sala de Aula de Física**. 126f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências. UNESP, Bauru. 2004.

QUADROS, S. **A termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**. São Paulo: Scipione, 1996.

RABELLO, A. L. Efeito Estufa: Uma ameaça no ar. **Revista Ciência Hoje**. São Paulo, n.29, p.51 – 56, março/abril, 1987.

RIBEIRO, J. C. **O papel do professor no laboratório de física básica**. 91f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2001.

ROSELLA, M. L. A. **O Estudo da Termodinâmica através da Análise do Efeito Estufa**. 221f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

SANTER, B. D. et al. Contributions of Anthropogenic and Natural Forcing to Recent Tropopause Height Changes. **Science**, n. 301, p.479-483, 25 jul. 2003.

SANTOS, M.L. **Interdisciplinaridade no Ensino Médio: A Construção de um Projeto Coletivo**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências. UNESP, Bauru. 2008.

SILVA, D.; NETO, V. F.; CARVALHO, A. M. P. Ensino da distinção entre calor e temperatura: uma visão construtivista. **Pesquisa em ensino de ciências e matemática**. (Série Ciência & Educação), Bauru, n.4, p.22-40, 1997.

TEIXEIRA, O. P. B. **Desenvolvimento do Conceito de calor e temperatura: A mudança conceitual e o Ensino Construtivista**. 1992, 183f. Tese (Doutorado na área de Didática) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1992.

ENTENDA o aquecimento global. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 1º nov. 1998. Suplemento Mais!, p.5.

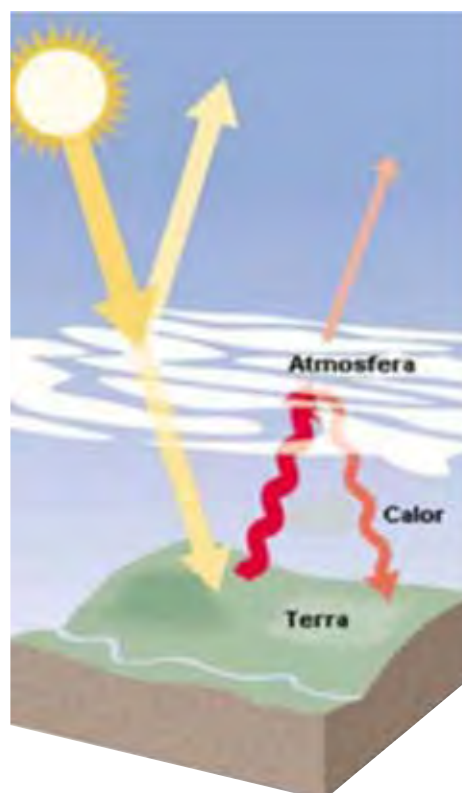
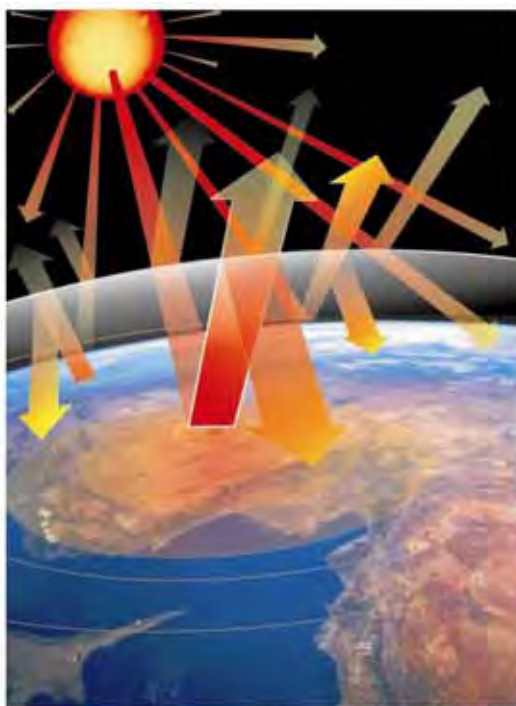
ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ANEXOS

Anexo 1: Detalhando um pouco mais o Efeito Estufa.

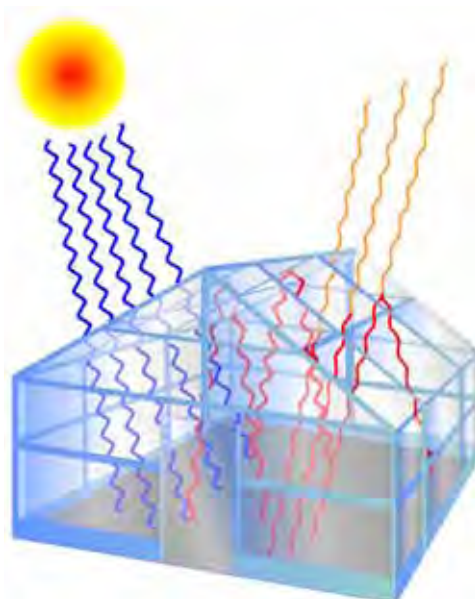
Nosso planeta recebe diariamente a energia solar, ou seja, o calor e luz visível, por irradiação. Portanto, de toda energia solar que atinge nosso planeta, uma parte dela entra na atmosfera, enquanto outra parte é refletida pela própria atmosfera e retorna ao espaço. A parcela da radiação que entra atinge a superfície e é absorvida pelo solo, que como qualquer objeto que recebe luz solar, aquece-se e emite calor. Nosso foco vai estar justamente no calor (radiação infravermelha) irradiado pelo solo: na parcela desse calor que deixa a atmosfera retornando ao espaço, e na outra parcela que é absorvida e permanece no planeta. Assim, essa última parcela permanece retida na atmosfera pelo vapor de água e por alguns outros gases, destacando o dióxido de carbono (CO_2), todos produzidos por indústrias, automóveis, usinas termelétricas, queimadas, etc., mas não podemos nos esquecer que tais gases e vapores também são produzidos pela natureza por uma série de processos naturais como a decomposição orgânica, vulcanismo, a respiração dos seres vivos, a emissão oceânica e também pelas combustões espontâneas.

O vapor de água e gases como dióxido de carbono, metano, dióxido de nitrogênio, os halocarbonos e alguns outros presentes na atmosfera são chamados de gases “estufa”, pois deixam passar a luz solar (ondas mais curtas e de maior frequência que as ondas de calor), mas dificultam justamente a passagem das ondas de calor (ou radiação infravermelha de ondas mais longas e menor frequência que a luz visível), ou seja, esses gases são transparentes para a luz, mas opacos para o calor.



Representações do Efeito Estufa.

A propriedade que transforma esses gases em “gases estufa”, se dá devido ao fato de suas moléculas terem o tamanho e a configuração certa para reterem e depois irradiarem calor aquecendo, assim, nosso planeta. Por esse motivo, esse fenômeno foi comparado às estufas nas quais se cultivam plantas e onde as paredes e o teto de vidro também são transparentes. Assim, a luz solar entra e aquece o interior da estufa. No entanto, o vidro age da mesma forma que os gases “estufa”, ou seja, permitem a entrada de luz, mas dificultam a saída do calor, o que resulta num aumento da energia interna e num aquecimento gradativo do interior da estufa (cuja finalidade é propiciar um melhor desenvolvimento dos vegetais colocados em seu interior, pois cria um ambiente quente e úmido). Como outro exemplo, podemos observar que num automóvel, quando deixado sob o sol, com os vidros fechados, ocorre um aquecimento acentuado de seu interior. Devido à semelhança dos fenômenos, o aquecimento do planeta Terra, devido à retenção de calor (radiação infravermelha), foi chamado de “Efeito Estufa” (Greenhouse effect, em inglês).



Estufa de plantas.

Ocorre que a concentração de carbono na atmosfera estimada no período anterior a Revolução Industrial era de 275 ppm (partes por milhão), o que permitia um equilíbrio energético entre a Terra e o espaço. Mas, devido à poluição sistemática da atmosfera, a concentração de carbono atmosférico saltou para 384 ppm atualmente e a quantidade maior de gases estufa faz com que a parte do calor que deveria ser irradiado para o espaço (para não aquecer demasiadamente nosso planeta) interaja com esses gases e retorne para nosso planeta, aumentando nossa temperatura média,. Tais gases, suspeita-se, foram adicionados pelas atividades antrópicas (humanas). Em outras palavras, o proverbial cobertor que foi concebido naturalmente para manter-nos a uma temperatura amena ficou mais espesso, devido à emissão de gases estufa e desmatamento.

Podemos concluir que o Efeito Estufa é um fenômeno natural de importância crucial para o desenvolvimento da vida no planeta Terra, pois permite uma média global de temperaturas durante o ano, em torno de 15,5°C. No entanto, muitas vezes quando o fenômeno é abordado na mídia, toma dimensões catastróficas, pois sempre é relacionado à problemática do Aquecimento Global, ou seja, ao aquecimento acelerado da Terra, ao aumento do nível do mar, etc que são consequências dos desequilíbrios naquilo que os climatologistas chamam de Sistema Superfície – Atmosfera (SSA).

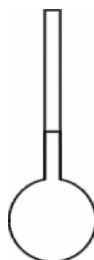
Anexo 2: Texto sobre termometria.

A TERMOMETRIA SUBSIDIANDO O DESENVOLVIMENTO DA TERMODINÂMICA.

Verificamos a ineficiência do corpo humano na medição de temperaturas, conforme avaliado na experiência com as bacias de água quente, fria e na temperatura ambiente, concluímos que as sensações nos enganam facilmente, conforme Francis Bacon já havia mencionado, o “calor” (sensação de quente ou frio) como algo sensível é relativo ao homem e não à natureza, portanto pode ser variável, dependendo da disposição dos sentidos, ou seja: “O calor, em relação ao tato e aos demais sentidos humanos, é coisa variável e relativa. Por isso a água tépida, se a mão que a toca está fria, parece quente; se a mão está quente, parece fria”. (BACON, 1999, p.126), essa afirmação, no século XVII, provavelmente servia como advertência àqueles que estudam os fenômenos térmicos para que não se deixassem levar pelas sensações táteis para aferir valores de temperaturas ou “graus de calor”, pois essa confiança nos sentidos atrapalha as conclusões sobre os fenômenos térmicos. Daí, a necessidade da criação de um instrumento capaz de medir a temperatura, de forma precisa e confiável.

Estas tentativas remontam os filósofos gregos, que conceberam aparelhos cujo funcionamento se baseava na expansão de gases quando aquecidos, mas o final do século XV trouxe ao mundo o termoscópio de Galileu, instrumento de medida da variação de temperatura construído por Galileu Galilei, inspirado nas idéias dos antigos filósofos gregos. O aparelho era um bulbo esférico de vidro, acoplado a um tubo cilíndrico longo e de diâmetro reduzido, de mesmo material do bulbo, que era mergulhado dentro de uma cuba com água. Devido à pressão atmosférica, atuante sobre a superfície da água, esta subia pelo tubo, formando uma coluna d’água. Aquecendo-se o bulbo, o ar, contido em seu interior, sofria uma expansão empurrando a coluna d’água para baixo, variando a sua altura. O ar, portanto, era a substância termométrica que sofria expansão ou contração, a partir do aquecimento ou refrigeração do bulbo de vidro. O aparelho, no entanto, não tinha graduação, em forma de escala. (Veja desenho na lousa).

A graduação do termoscópio de Galileu coube ao médico Santório, no início do séc. XVII, que utilizava o instrumento para medir a temperatura de seus pacientes, sendo a primeira utilização clínica de que se tem notícia. Jean Rey, médico francês, modificou o termômetro virando-o e preenchendo com água, essa passou a ser a substância termométrica que, com o aquecimento ou resfriamento do bulbo, expandia-se ou contraía-se. O inconveniente deste modelo era que a extremidade do tubo foi deixada aberta, o que permitia a evaporação da água. A solução veio com Fernando II, nobre italiano, (Duque de Toscana), que fechou a extremidade do tubo e utilizou como substância termométrica o álcool. Como criador de galinhas Fernando II, interessou-se pelo aparelho que tinha a finalidade de controlar a temperatura das chocadeiras artificiais.



Termômetro de Jean Rey.

Com relação às escalas termométricas, dada a arbitrariedade na sua criação, no final do séc. XVIII haviam sido catalogadas mais de 60 escalas. Em geral, escolhiam-se dois pontos fixos facilmente reproduzíveis, associando-se a estes valores numéricos, dividindo-se em seguida, o intervalo entre os números em partes iguais.

Dentre as escalas atualmente utilizadas, destacamos a Celsius e a Fahrenheit. A primeira, proposta pelo astrônomo sueco Anders Celsius, em 1741, e a segunda, em 1724, pelo físico holandês Daniel Gabriel Fahrenheit.

Celsius determinou como pontos fixos da sua escala: o ponto de fusão do gelo, associando a este o valor de zero grau (0°C); e o ponto de ebulição da água, associando a este o valor de cem graus (100°C). Dividiu-se esse intervalo em 100 partes iguais, por isso conhecida como escala centígrada, até que em 1948 aboliu-se essa denominação e determinou-se oficialmente a denominação de Escala Celsius.

Fahrenheit, em 1724, havia adotado o zero grau (0°F), no ponto de congelamento/fusão da água salgada, e o cem graus (100°F) como sendo a temperatura do corpo humano saudável (esse segundo ponto foi levemente alterado posteriormente devido à maior precisão dos termômetros). Portanto, devido a esses parâmetros na temperatura de congelamento da água comum esse termômetro marcava 32°F (0°C) e na água fervente 212°F (100°C), sendo subdivida em 180 partes iguais e também sendo necessário uma equação de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit, outro detalhe notório é que Fahrenheit foi o primeiro a utilizar o mercúrio como substância termométrica, por observar nos barômetros que o mercúrio é extremamente sensível à variação temperatura, também cabe a ele o mérito de mudar o bulbo de esférico para cilíndrico. Atualmente, os países de língua inglesa ainda utilizam a escala Fahrenheit, embora a escala Celsius tenha sido adotada como escala padrão para todos os países do mundo.

Anexo 3: texto sobre a natureza do calor.

INVESTIGAÇÕES SOBRE A NATUREZA DO CALOR

O médico Julius Robert von Mayer nasceu em Heilbronn, Alemanha e cursou medicina na Universidade de Tubigen. Esteve na ilha de Java, na Indonésia, e observou que o sangue venal de seus pacientes apresentava uma coloração mais brilhante, um vermelho-vivo comumente encontrado no sangue arterial, mais oxigenado. Essa intrigante descoberta o fez constatar que em climas mais quentes a “combustão” dos alimentos, necessária para manter o corpo aquecido, ou seja, para fornecer calor ao corpo, era menor do que em países de clima frio, por isso o corpo necessita de menos oxidação, o que resulta em mais oxigênio no sangue de habitantes de países quentes.

Mayer publicou suas constatações em 1840, imaginando que o corpo retirava “força”, ainda não era usado o termo energia, dos alimentos e a transformava em energia mecânica nos músculos ou em calor pelas reações de oxidação do sangue, dessa forma, Mayer chegou à idéia de transformação. Essa idéia o empolgava e ele chegou a levantar a hipótese de que essa “força” seria constante no universo, sendo transformada nos processos físicos e químicos.

A questão era agora buscar o fator de conversão, já que trabalho mecânico podia ser transformado em calor, quanto trabalho mecânico deveria ser suficiente para produzir um determinado aquecimento em uma amostra de água?

Mayer chegou a fornecer um equivalente mecânico para o calor, sendo 1 cal = 3,65 Joules (em valores atuais), mas suas experiências foram recusadas, seus trabalhos foram consideradas especulativos com pouca evidência experimental, apesar de ter sido o primeiro a estabelecer o Princípio de Conservação de Energia, talvez por ter enfatizado a generalidade filosófica do princípio, não conseguiu convencer a comunidade acadêmica da época e a idéia da conservação de energia, ganhou força com outro cientista, James Prescott Joule, que providenciou inúmeras verificações experimentais, em casos particulares envolvendo transformações de energia.

Joule é um cientista bastante conhecido, nascido em Salford, na Inglaterra, devido a uma infância debilitada que o impedia de levar uma vida ativa, encontrou nos livros um refúgio, seu pai, um rico cervejeiro, oferecia-lhe os melhores tutores.

Essa condição o fez interessar-se por Ciência mesmo herdando a cervejaria não colocou os negócios em primeiro lugar.

Como consequência de sua dedicação, a comunidade científica por ocasião da criação do Sistema Internacional de Unidades (S.I.)²⁷, determinou que a medida padrão de energia deveria ser o Joule, numa homenagem a seus trabalhos para determinar o equivalente mecânico do calor.

Joule baseando-se na primeira lei da mecânica, também conhecida como Lei da Inércia, a qual diz que um objeto deve manter sua velocidade constante e retilínea, desde que nenhuma força externa atue sobre ele. Assim a energia cinética do objeto permanece constante, desde que este esteja livre da ação de forças externas.

²⁷ Até 1960, não havia medidas padrão, existindo diversos sistemas de medidas, com o intuito de padronizar as medidas a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas criou o Sistema Internacional de Medidas (S. I.), em 1971 na 14ª Conferência Geral de Pesos e Medidas foram selecionadas as unidades básicas do S. I.

Em situações reais, porém, existe a impossibilidade de isolar um objeto de forças externas e, por exemplo, quando um objeto desliza sobre um plano é desacelerado até parar, devido à atuação de uma força, o atrito. A questão é justamente o que teria acontecido à energia cinética? Teria sumido.

Joule acreditava que a energia não havia sumido, mas tinha sido convertida em calor, como adepto do atomismo, ele concebia que o movimento da bola no chão seria gradativamente transferido às partículas que constituíam a bola e o chão. Assim, não havia perda de energia cinética, mas transformação, resultando em movimento desordenado dos átomos e moléculas da bola e do solo, aquecendo a ambos.

QUESTÕES

- 1) (MACK-SP) Um bloco metálico tem capacidade térmica igual a $10 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$. Qual a quantidade de calor que devemos fornecer para que a temperatura do bloco varie de 20°C para 25°C ?
- 2) (FUVEST-FGV) Uma pessoa bebe 500g de água a 10°C . Admitindo que a temperatura dessa pessoa é de $36,6^{\circ}\text{C}$, responda: Qual é a energia que essa pessoa transfere para a água? (calor específico da água = $1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$).
- 3) (FUVEST) Um atleta envolve sua perna com uma bolsa de água quente, contendo 600g de água à temperatura inicial de 90°C . Após 4 horas ele observa que a temperatura da água é de 42°C . A perda média de energia da água por unidade de tempo é: