

ENSINO DA DISTINÇÃO ENTRE CALOR E TEMPERATURA: UMA VISÃO CONSTRUTIVISTA.

*Dirceu da Silva*¹

*Victoriano Fernandez Neto*²

*Anna Maria Pessoa de Carvalho*³

- **RESUMO:** Este artigo busca apresentar uma pesquisa sobre o ensino da distinção dos conceitos de Calor e Temperatura, realizada com alunos do 2º grau em uma base construtivista. Apresentamos os pressupostos teóricos, uma síntese das pesquisas em conceitos alternativos, a discussão sobre o ensino e os resultados alcançados.
- **UNITERMOS:** Ensino Construtivista, Ensino de Física, Mudança Conceitual, Ensino Construtivista da Física Térmica, Ensino de Física no 2º grau, Ensino de nível médio.

ABSTRACT: This paper tries to present a research on the teaching of the differentiation between the concepts of heat and temperature during a physics high school course, using a constructivist approach. Theoretical aspects, alternative concepts researches, a discussion on teaching and results achieved are presented.

KEYWORDS: Constructivist Teaching, Physics Teaching, Conceptual Change, Thermic Physics Constructivist Teaching, High School Physics Teaching.

¹ *Professor-Doutor do Departamento de Metodologia do Ensino da Faculdade de Educação da UNICAMP, e-mail: dirceu@turing.unicamp.br*

² *Professor de Física e Coordenador do Ensino de 2º grau do Colégio Suíço - Brasileiro (SP), e-mail: victo@nox.com.br*

³ *Professora Titular da Faculdade de Educação da USP e-mail: ampdcarv@usp.br*

1. Introdução.

O ensino sobre bases Construtivistas ainda é, e por muito tempo será, um problema para nós professores interessados em praticar uma pedagogia diferenciada, que propicie um aprendizado mais intenso e mais profundo; que possa resistir ao tempo e ser usado como ferramental para o desenvolvimento de outros conceitos e de outras habilidades, pois muito se tem falado sobre esse novo paradigma, muitas propostas têm sido apresentadas, mas nada ou quase nada chega verdadeiramente à sala de aula. De forma mais radical, podemos até afirmar que essas novas concepções têm apenas melhorado o discurso de professores, mas não alterado as suas práticas: tem-se praticado o mesmo, segundo um rótulo diferente.

Este quadro configura-se, entre outras coisas, pela dificuldade de elaborar estratégias metodológicas e atividades coerentes com essa "leva" de sugestões teóricas (Silva e Lattouf, 1996); como aparece na fábula: *É excelente a idéia de se colocar um giz no gato, mas quem será aquele que, de fato, irá atá-lo no pescoço do felino?* Resumindo, é difícil conseguir-se concretizar as idéias em material "vivo" que possa ser usado em sala de aula.

Na tentativa de superar essa situação, iremos apresentar a seguir um conjunto de atividades, que podem ser usadas em situações comuns, com grandes chances de proporcionar o estabelecimento de um "programa de investigação" (Gil-Perez, 1993), onde alunos e alunas e professor ou professora, possam desenvolver conceitos e possibilidades destes, no sentido de propiciar um "crescimento conceitual" dos estudantes⁴.

Enfocando a diferenciação dos conceitos de calor e temperatura, esta tem papel fundamental nas Ciências Naturais, pois como afirmaram Einstein e Infeld (1980, p. 39):

"Os conceitos mais fundamentais na descrição dos fenômenos térmicos são temperatura e calor. Foi necessário um tempo incredivelmente longo da história da ciência para que esses conceitos fossem distinguidos, mas uma vez feita essa distinção, resultou em rápido progresso."

Ou ainda, para nós, a citação acima mostra que a distinção entre os conceitos enfocados consiste num **obstáculo epistemológico**⁵ para a construção do

⁴ Evitamos o termo *mudança conceitual*, pois como sustenta Villani (1992), é muito difícil mudar radicalmente as concepções dos alunos. *Crescimento* parece-nos mais adequado, pois encerra a idéia de evolução no sentido de melhorias das concepções.

⁵ O termo *grifado* tem o mesmo sentido dado a ele por Bachelard.(1975). A citação que nos parece mais exemplificativa dessa idéia seria: "É em termos de obstáculos que se deve colocar o problema do conhecimento científico. É internamente ao ato próprio de conhecer que mostraremos as causas da estagnação ou até mesmo de retrocesso[no conhecimento científico], é aí que nós entenderemos as causas das

modelo cinético ou para as leis da termodinâmica, bem como para a passagem da Física do macromundo para a Física do micromundo.

A Física Térmica é apontada por vários autores (Summers, 1983; Vazquez Diaz, 1987; Macedo de Burghi e Soussan, 1985), como um dos tópicos do segundo grau mais difíceis para o aluno, pois ela implica na aquisição de uma visão dos fenômenos em nível de partículas, sendo também necessária a ultrapassagem dos observáveis macroscópicos. De fato, o ensino da Física Térmica e sobretudo do modelo cinético-molecular constitui um dos primeiros pontos de ligação para se entrar na ciência do micromundo (Tipler, 1981)⁶, ou nas palavras de Schenberg (1984, pp. 106-110):

"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 conduziu à mecânica estatística e à introdução de conceitos probabilísticos na Física."

Encontramos também desde 1970 (Zemansky, 1970) até 1994 (Roon, Sprang e Verdonk, 1994)⁷, passando por quase todos os anos intermediários, trabalhos com preocupações centrais diferentes que insistem na necessidade de se diferenciar os conceitos de calor e temperatura, para que se possa conseguir uma boa aprendizagem.

Dessa forma, este rol de conteúdos parece-nos importante tanto para a aprendizagem sobre a Física Térmica como para a formação do pensamento básico do aluno sobre a Física em geral.

dificuldades que chamaremos de obstáculos epistemológicos". Ver também Giordan (1989) e Santos (1991), sobre as interpretações e considerações dos obstáculos epistemológicos na elaboração do ensino.

⁶ *Foi com o estudo dos fenômenos e grandezas térmicas que se fez a passagem das teorias macroscópicas para o início das teorias microscópicas. Foi com o desenvolvimento de medidas das grandezas térmicas que surgiu a necessidade de explicações da composição das moléculas, por AVOGRADO, e por sua vez dos pesos atômicos, abrindo um novo campo nas ciências naturais, sem contar, é claro, da mecânica estatística, desenvolvida por BOLTZMANN, para estruturação do modelo cinético-molecular.*

Uma revisão bibliográfica longa e extensa destes artigos e todos aqueles disponíveis está feita em Silva (1995), no capítulo 4.

2. Para elaborar o Ensino: Um pouco dos processos históricos.⁸

É comum usarmos os conceitos de calor e de temperatura como sinônimos, quando são empregados indistintamente: “hoje está muito calor”, “ele queimou a mão porque a panela passou temperatura” etc.. Ainda, para complicar mais, usa-se os dois conceitos como propriedade de algo: “O piso de cerâmica é frio”, “carne gordurosa é muito quente” etc..

Este contexto sintetiza o pensamento espontâneo encontrado nas falas de muita pessoas (mesmo as escolarizadas!), e uma rápida olhada na História das Ciências permite reconhecer idéias semelhantes em pensadores da antiguidade.

Ao longo da História das Ciências, constatamos um processo longo e demorado para se conseguir elaborar os modelos e concepções que adotamos na Física atual.

Como primeiro aspecto devemos lembrar a estrutura dos modelos do calor: substancialista e mecanicista. O primeiro deles, originário dos pensadores da Grécia antiga, admitia o calor como uma substância sutil, que permeava a matéria e que era armazenada ou retirada mediante processos diversos. Essa substância foi sofrendo modificações ao longo do tempo, mas sempre teve adeptos, pois esse tipo de explicação é o mais fácil de ser usado e o mais direto, portanto aparentemente com maior poder de explicação. Além do que, não conseguimos realizar medidas diretas da energia, o que dificulta em muito as explicações e refutações. Já o segundo modelo é atribuído FRANCIS BACON (1561-1626), no seu *De Interpretatione Naturali*, de 1665, onde o calor não é apresentado como um movimento de expansão, mas sim como um movimento vibratório das partículas de um corpo (Hoppe, 1928; Schurmann, 1946 e Bassalo, 1991).

Na obra *Novum Organum* (de 1620), FRANCIS BACON volta a falar do calor como movimento, deixando claro que o calor produz ou gera movimento, Sugere mais adiante que se estude a natureza objetiva do calor, deixando de lado as aparências sensíveis, pois estas atrapalham as concepções que se pode ter a respeito dos fenômenos térmicos (Rossi, 1989, p. 130). Esta postura deve se referir à prática ainda em voga, na época, de se usar as sensações táteis para aferir valores de calor (*tempera*), pertinentes aos ensinamentos de GALENO.

Estes dois modelos são antagônicos, mas nunca houve um embate entre cientistas e pensadores, pois os modelos falavam de coisas diferentes, apesar das interpretação que fazemos hoje dos mesmos. Para se ter uma idéia, podemos citar a importante conclusão de 1783 em uma célebre publicação conjunta de LAVOISIER e LAPLACE:

"Os físicos não chegaram a um acordo em relação ao calor. Muitos deles consideravam o calor como fluido que se distribui por toda a natureza e que, os obriga a

⁸ O desenvolvimento da história do calor e da temperatura é muito longo, não cabendo aqui a apresentação de um tratado sobre o assunto. Para uma leitura mais completa e para aprofundamento, vide Silva (opus cit.), capítulo 5.

conservá-lo. O calor pode combinar-se com os corpos; então, ele cessa de influenciar o termômetro e pode, também, propagar-se de um corpo a outro; este é o estado de 'calor livre'. Outros físicos consideravam o calor somente como resultado do movimento invisível das moléculas, que podem vibrar em todas as direções. Estes movimentos invisíveis são o calor [...]. Não fizemos escolha sobre essas duas concepções expostas [...] talvez ambas sejam corretas." (Lavoisier e Laplace, apud Hoppe, opus cit., Bassalo, 1992, p. 31 e Gilbert, 1982, p. 227).

Este problema só será resolvido após os trabalhos de JOULE, MAYER, WATT, KELVIN, CLAUSIUS e BOLTZMANN. Onde a energia passa a representar e descrever os processos térmicos de forma mais explicativa.

Outro aspecto importante diz respeito à temperatura.: este surge nos tratados do célebre médico GALENO (129-200), o qual afirmava que no corpo humano há uma **mescla** (mistura) de calor e de frio e que o homem são possui quantidades iguais desses elementos, sendo que os estados de doença eram determinados pelo desequilíbrio dessa quantidades. Quando se traduziu as obras de GALENO para o latim, a palavra mescla, foi traduzida pela equivalente: temperatura. O sucesso desses tratados médicos e a conseqüente repercussão alcançada, fizeram aparecer a palavra temperatura, nos discursos de todos os cientistas que vieram depois.

Assim temperatura por muito tempo passa a representar a medida do calor, o que significava que os dois conceitos expressavam a mesma idéia.

Voltando ao nosso propósito central, para todo cientista e pensador dos séculos XVI e XVII, calor e temperatura eram conceitos idênticos, mesmo sendo adeptos de uma ou de outra teoria.

O aperfeiçoamento do termômetro no século XVIII, por DANIEL FAHRENHEIT (1686-1736), permite que se possa medir a temperatura de forma muito precisa, reforçado a idéia de que os conceitos eram iguais.

Foi só em 1760 que JOSEPH BLACK (1728-1799), dá uma nova explicação para o fato da mudança de fase d'água não alterar a temperatura. Nas palavras do próprio BLACK:

"A fusão está universalmente considerada como produzida por uma pequena adição de uma quantidade de calor a um corpo sólido, quando ele é aquecido até o seu ponto de fusão e o retorno de tal corpo para o estado sólido depende de uma pequena diminuição da quantidade de calor após ele ter esfriado de um mesmo número de graus. Acreditava-se que esta pequena adição de calor ao corpo não fazia necessariamente o aumento de um pequeno valor na temperatura de um corpo, indicada pela medida de um termômetro, colocado no líquido resultante. [...] encontrei uma razão para

desaprová-la, como inconsistente em relação a muitos fatos observáveis quando atentamente considerados. [...] Quando o gelo ou outra substância é fundida, eu penso que ele recebe uma grande quantidade de calor, maior que aquela que é perceptível nele, imediatamente depois por meio de um termômetro.

Uma grande quantidade de calor penetra a substância naquela ocasião sem aparentemente fazê-lo mais quente. Este calor, contudo deve ser introduzido para lhe dar forma de líquido e eu afirmo que esta maior adição é a principal causa da liquefação produzida" (BLACK, apud Moulton e Schiffers, 1886, p. 206-7)

Em outro trecho da obra ele usa um argumento simples e convincente:
"Se fosse suficiente uma quantidade muito pequena de calor transmitida pelo ar, na primavera, para reduzir em água imensas quantidades de gelo e neve, formados ao longo do inverno, assim a fusão seria operada em poucos minutos e inevitavelmente iria produzir inundações catastróficas" (BLACK, apud Moulton e Schiffers, idid., idem)

Para entendermos o que BLACK quer dizer com estas palavras, devemos conotar que o fato do gelo se fundir a uma temperatura constante já era conhecido, mas se acreditava que uma pequena quantidade de calor era suficiente para transformar muito gelo em água líquida. BLACK argumenta o contrário. Outro ponto importante é o cuidado que devemos ter com as palavras do autor, pois ele foi um adepto do modelo substancialista do calor.

Após a aceitação da teoria mecânica (ou cinética) do calor, passou-se a relacionar temperatura ao grau de agitação das partículas de um corpo, sendo uma medida média e macroscópica, tendo relação com o calor mas não sendo a mesma coisa.

Por fim, o calor, após o estabelecimento da teoria mecânica será entendido como a energia que é transferida de um corpo a outro, devido uma diferença nos valores de temperaturas dos corpos. Quando esta energia é recebida, fará aumentar a energia cinética das partículas do corpo que recebeu.

3. Concepções espontâneas dos alunos.

As concepções espontâneas, isto é, o conhecimento prévio que os alunos chegam à sala de aula, são muito resistentes à mudança e formam um emaranhado de possibilidades usadas de forma aleatória e imprecisa, tentando representar aspectos muitas vezes antagônicos às idéias que queremos ensinar (Silva e Almeida, 1997). Uma síntese das concepções que alunos apresentam antes do ensino pode ser:

- Calor é entendido como uma substância, uma espécie de fluido, como às vezes o frio ganha uma conotação semelhante e contrária.
- Temperatura é a medida do calor de um corpo.
- Calor também está associado às temperaturas altas.
- Tende-se a estabelecer a temperatura como propriedade dos corpos, não pensando em equilíbrio térmico.
- Há uma tendência de usar o calor como propriedades dos corpos quentes e o frio como propriedade contrária.
- Os conceitos de calor e de temperatura são usados como sinônimos. Usa-se também o conceito de temperatura como sinônimo de energia.
- Há também uma propriedade animista (um objeto quer dar ou quer receber), usada para explicar o aquecimento ou o resfriamento, sem se constituir em figuras de linguagem.
- Há uma atribuição de propriedades macroscópicas às partículas (fusão, dilatação, mudança de cor etc.).
- Calor é um processo interno resultante do atrito entre as partículas.

4. A construção das atividades.

Conseguir levar os alunos a um crescimento conceitual e uma melhora nas suas elaborações, não é fácil. Não é qualquer atividade que pode realizar esse intento, isto é, não basta um discurso articulado! Faz-se necessário apresentar aos alunos questões, problemas ou situações problematizadoras que com grandes chances, tenham possibilidades de atingir as metas apontadas.

Quando da nossa necessidade de construir atividades para o ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura, nos deparamos com alguns problemas: Que situação necessariamente deve ser resolvida usando-se o modelo cinético-molecular e ao mesmo tempo ter, também, a necessidade de distinguir - se os dois conceitos? Que situação tem ressonância com as relações Ciência/Tecnologia/Sociedade? E ao mesmo tempo é intrigante, motivadora e faz parte da vivência diária dos alunos?

Com grande honestidade, não foi fácil chegarmos a uma resposta. Quando elaborávamos questões e problemas, percebíamos que acabávamos recaindo em situações muito parecidas com aquelas presentes em livros didáticos tradicionais. Após muitas tentativas e muito debate, com o nosso grupo de pesquisa, além é claro das sugestões de muitos amigos e amigas, chegamos a uma resposta que testada de maneira mais informal em sala de aula, mostrou-se adequada: as explicações do aquecimento causado no forno de microondas.

Restava concretizar este fenômeno, que atende os requisitos propostos, em uma questão ou situação problematizadora concreta ou

⁹ *A explicação do funcionamento do forno de microondas, pode ser encontrada em Silva (opus cit.). Por economia de espaço, deixamos de reproduzir aqui.*

contextualizada. Após muitas elaborações, inspirados em parte nas sugestões que são apresentadas nos livros do GREF¹⁰, chegamos à seguintes atividades:

- Queremos que você liste os possíveis aparelhos e equipamentos aquecedores que poderiam estar presentes em uma casa moderna.
- Em seguida estabeleça uma classificação (agrupe-os) por semelhança de funcionamento e tente explicar como cada grupo funciona.

Rapidamente, estas duas questões mostraram-se muito interessantes, pois no teste mais informal, alunos chegaram após muitos tateios a dois grupos: elétricos e a combustível (claro, que com outros nomes equivalentes). A grande maioria deles, colocou o forno de microondas no agrupamento “elétrico”, mas ficaram muito perturbados, quando tentaram encontrar uma explicação, pois o conjunto de fenômenos que se observa, quando do uso deste eletrodoméstico, foge às regras usuais dos outros. O uso destas questões como atividade, gerou uma grande “polêmica” entre os estudantes, pois estes possuíam concepções muito ligadas ao senso comum, que não permite desvendar o funcionamento do equipamento em questão.

Quando da tentativa de explicar o funcionamento do microondas, seria necessário estudar-se o comportamento da água, quando em mudança de fase, pois as microondas, geradas pelo equipamento, interagem com grande probabilidade com as moléculas de água dos alimentos e como, ao nível do mar, a água ferve a 100°C, o alimento não ultrapassa essa temperatura, “não” sofrendo as reações de recombinação, observadas em temperaturas maiores que 150°C e que são responsáveis pela mudança de aspecto, cor, paladar e textura dos alimentos.

Como queríamos chegar a esta investigação, buscamos preparar atividades com o uso do forno de microondas. Surgiu a idéia de propomos o cozimento de um bolo (não recomendado nos manuais de fabricantes, pois o recomendados têm especiarias e produtos que causam uma verdadeira “maquiagem” no aspecto e no paladar. Por exemplo, nas receitas usa-se muito chocolate, café ou molho inglês e molho de soja.) no microondas e no forno comum.

Além disso, planejamos aquecimento de porções de água nos dois fornos, para discutir a eficiência dos dois equipamentos.

Esclarecendo, esta atividade foi planejada dentro de um curso com as mesmas características e base teóricas, onde para tal, fizemos uma releitura dos conteúdos em nível de estrutura epistemológica dos diversos conceitos (Fernandez Neto e Silva, 1995) e buscamos criar um conjunto de atividades diferenciadas, onde os alunos trabalhassem como sujeitos ativos, numa perspectiva de investigação¹¹. Assim sendo, **não** procuramos inserir apenas uma atividade diferente em um curso

¹⁰ GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino da Física. Constituí-se em um projeto de sugestões de atividades, muito interessantes, para os cursos de Física do nível médio. Estes livros foram editados pela EDUSP.

¹¹ A estrutura do curso integral e algumas atividades podem ser encontradas em Silva (opus cit.).

tradicional, que poderia resultar com grande probabilidade em fracasso das nossas intenções, além de poder acabar por atrapalhar um curso.

5. Bases Teóricas para o ensino.

Para estruturarmos a atividade como um todo, pois entendemos que o problema não encerra (em si mesmo) os desejos de provocarmos uma aprendizagem adequada sem um ambiente que compõe um “espaço construtivista”, buscamos uma fundamentação em alguns autores atuais que apresentam sugestões e propostas interessantes a respeito do que venha a ser a idéia de um ensino pautado em elementos construtivistas.

O termo construtivismo, hoje, assume várias conotações, estando presente nos discursos de filósofos, psicólogos e educadores, sendo empregado para designar idéias ou posturas diferentes das tradicionais a respeito do significado da própria aprendizagem, necessita de esclarecimentos. Entenderemos por construtivismo uma postura teórico-metodológica frente ao conhecimento, que permite reler os processos de ensino, bem como as concepções que se tem sobre o objeto deste.

Compreendemos que o conhecimento é edificado por um indivíduo ou por um grupo, como um processo continuado, mas não linear e que a verdade, diferentemente de como acreditavam os pensadores positivistas, não pode ser apropriada, mas sim perseguida. Dessa maneira, as noções sobre um objeto variam de pessoa para pessoa, sofrendo modificações quanto ao entendimento em sujeitos diferentes e, também se alterando com o passar do tempo (Novak, 1988). O nosso aluno, nessa perspectiva, não é visto como um recipiente passivo de conhecimentos, mas como ser dialético, em constante transformação (Silva, 1995).

A forma de entender o sujeito é a base para operar mudanças significativas nas ações pedagógicas e interferir no processo de aprendizagem dos alunos (Castorina, 1988). Deve-se, dentro dessa filosofia, rechaçar a figura do professor como mero transmissor de conhecimentos e atribuir-lhe uma tarefa importante no processo de ensino. A nova postura, revestida de uma prática dialética, deve ser capaz de estabelecer conexões entre o conhecimento que será objetivamente ensinado e as condições endógenas (internas ao sujeito) através da qual o aluno vai construir sua aprendizagem. Em poucas palavras, deve conseguir manter um “diálogo” entre o conhecimento escolar e o conhecimento do aluno (Joshua e Dupin, 1991).

A tônica da aula, concebida dessa forma, fica permeada pela maiêutica socrática, em que se deve lançar novos desafios para o aluno e dialogar dentro do conhecimento que ele apresenta, para buscar a sua superação (Bovet, s/d). Além disso, existem no aluno estruturas operatórias internas bem definidas, que constituem a base sobre a qual o professor se apoiará para trabalhar com os conhecimentos que devem ser ensinados.

A necessidade de provocar conflitos cognitivos aparece em muitos trabalhos, chegando a representar um consenso básico na área de pesquisa em

ensino (Zylbersztajn, 1983; Rowell e Dawson, 1985; Scott, Asoko e Driver, 1991 e Gil Perez, 1993). Além disso ocorre a necessidade explícita de partir das idéias que os alunos já apresentam, pois estas influenciam diretamente o seu aprendizado (Scott, 1993 e Miras, 1993).

O sucesso do conflito é apontado como residente na habilidade do aluno reconhecê-lo e resolvê-lo (Scott, Asoko e Driver, opus cit.); ou ainda, como sugere Dreyfus, Jungwirth e Eliovitch (1990), os conflitos produzidos não necessariamente produzem o sucesso esperado, pois as construções para resolver o conflito não caminham sempre no sentido que o professor desejou, pois há uma necessidade do professor "gerenciar" a sua aula de forma que possa incluir novos desafios e redirecionar os antigos, buscando preencher as lacunas existentes nas concepções dos alunos e permitir a explicitação das suas idéias, para que haja a possibilidade de debate.

Uma feliz assertiva sobre a questão da construção de conhecimentos foi proposta por Resnick (apud, Drive, 1986 e Gil Perez, 1993), que pode ser resumida nos três princípios abaixo:

1. aprender é construir significados; não se lê a realidade como ela se apresenta;
2. compreender algo significa construir significados, pois os fragmentos isolados são esquecidos rapidamente e
3. tudo que se aprende depende dos conhecimentos que já se tinha antes.

De fato, o conhecimento caçado apenas na memória, que seja distante e ausente do contexto dos alunos é esquecido rapidamente (Benllock, 1984).

Caminhando mais para dentro da sala de aula, Gil Perez (1993), propõe que o professor, no processo de ensino construtivista, seja um "*diretor de pesquisas*", um orientador que participa do grupo-classe colocando novos problemas diante das descobertas que vão sendo construídas, buscando sistematizar as idéias dos alunos e guiando o processo de aprendizagem com vistas à sua não dispersão. No contexto do ensino construtivista os alunos são encarados como pesquisadores novatos que participam de um programa de investigações. Dessa maneira, o *currículum* deve ser concebido como um programa de atividades que permita aos alunos, sob orientação do professor, investigar, sistematizar e testar seus conhecimentos, cumprindo no contexto de sala de aula os passos mais próximos aos da investigação científica.

Outros aspectos importantes do ensino construtivista são as relações sociais na sala de aula e a reestruturação após o conflito. (Silva, 1990 e Joshua e Dupin, 1991). Além disso, devemos ter em mente que os alunos nunca estão desprovidos de concepções prévias, que é um consenso muito bem fundamentado na área (Carvalho et al., 1993 e Carvalho e Gil Perez, 1993). Há portanto a necessidade de fazer com que os alunos explicitem essas idéias prévias, utilizando-se as mesmas como ponto de partida para a produção de conflitos. Esta fase que estamos considerando aqui deve ser eminentemente individual, para permitir o levantamento de elementos para o trabalho em grupo.

O papel do professor parece estar:

"na promoção de debates e discussões para enfrentar as perturbações. Neles, o professor também participa do

processo de cooperação e deve ter claro o seu papel de agente provocador, de instigador." (Carvalho et al., 1992).

Ainda, deve criar um ambiente rico, que atente para os processos que se aproximam do fazer ciência, onde possa ser dada ao aluno a possibilidade de construir o seu conhecimento através da investigação (Millar e Driver, 1987).

Buscando não estender demasiado estas propostas, (Wheatley, 1991) propõe uma estratégia de ensino muito coerente com os que estamos sugerindo aqui. Basicamente o problema central da aprendizagem pode ser resumido em:

- Tarefas, que devem ser desenvolvidas com diferentes estratégias, mas enfocando o centro do conceito e através de um processo rico, que deve ser acessível para o aluno e incentiva-lo à discussão. É preciso encorajá-los a usarem os seus próprios métodos, promover discussões e trocas, fomentar o trabalho em grupo, fazer orientações apropriadas, ter elementos para colocar outras perguntas, ser instigador e mostrar outras aplicações.
- Criar grupos cooperativos, fazendo com que os alunos trabalhem em pequenos grupos para buscar soluções conjuntas, criando um clima de constantes desafios no próprio grupo ou no grupo classe.
- Compartilhar as idéias, permitir que os estudantes troquem com a classe os seus métodos, as suas sínteses e as suas conclusões, sem que professor faça julgamentos, mas buscando um clima de negociação no sentido de um consenso.

Explicitadas as nossas premissas sobre como deve ser um ensino em linhas gerais, partiremos para a descrição da atividade.

6. Desenvolvimento do ensino e resultados alcançados.

Quando do ensaio que realizamos, para concretizar a pesquisa, seguimos basicamente a etapas que apresentamos acima.

Trabalhamos com 56 alunos adolescentes de uma Escola Pública da cidade de São Paulo, com características diferenciadas, de um curso regular de 1ª série do ensino médio.

No primeiro momento observamos que os alunos apresentavam respostas piores, com relação à estrutura conceitual e às elaborações, das anteriores, isto é, de outras atividades; anteriormente eles haviam mostrado elementos que podiam ser interpretados como consideração das partículas elementares e do modelo cinético. Após solicitarmos que relacionassem e explicassem o funcionamento dos equipamentos aquecedores, as respostas convergiram para elaborações mais primitivas, relacionadas mais ao senso comum e explicações quotidianas, sem o uso da idéia de partícula ou de movimento molecular.

A atividade sugerida havia provocado um apego às situações do quotidiano, que por serem rotineiras, são muito bem explicadas, já que são realizadas há muito tempo com sucesso. Corrigimos, na aula seguinte quando o professor passou nos grupos solicitando a busca de um modelo explicativo, para cada classe de aparelhos listados. Esta solicitação está longe dos aspectos da

experiência de vida dos alunos e com ela buscou-se descentrar as atenções das explicações que queríamos ultrapassar.

Os alunos trabalharam, primeiramente de forma individual e em seguida solicitamos que discutissem em grupo pequenos (quatro alunos) para buscar organizar as idéias, eliminarem algumas concepções mais primitivas, criando um clima de conflito nas suas noções, pois haviam explicações diferentes.

Com isso, conseguimos que muitos alunos, ao tentarem explicar o funcionamento do forno de microondas, manifestassem dúvidas, incertezas, para começarmos a criar um ambiente de investigação.

Esse clima de busca de novas explicações é muito desejado, pois permite que se busque aprofundar e sobretudo fazer com que os alunos tenham a necessidade de construir outros

Na aula seguinte, alunos apresentaram manuais de fabricantes de fornos de microondas, mostrando que alguns tiveram a necessidade de buscar consultar algo, para sobretudo solucionar uma perturbação. Mas as explicações encontradas nestes textos eram muito genéricas, não permitindo uma análise no nível explicativo desejado. O único elemento realmente interessante, que foi coletado neles, foi o fato das microondas atingirem, moléculas de água. Assim, as atenções recaíram sobre a necessidade de explicar o que acontecia com a água.

Devido a dúvidas sobre as características de aquecimento, introduzimos as experiências planejadas. Estas serviram para “centrar mais o foco” das atenções aos fenômenos que estavam ocorrendo com as partículas, pois o professor, a todo o instante tentou fazer questionamentos segundo a necessidade de usar o modelo cinético para a explicação.

Na aula seguinte, como as dúvidas estavam muito “acesas” e havíamos conseguido criar um clima de necessidade de se chegar a uma resposta mais coerente e mais elaborada, o professor buscou realizar uma aula expositiva, com forte ênfase no questionamento e na participação de alunos.

Aos poucos o professor organizou, com os alunos, os elementos que foram sendo discutidos e revelados pelo processo, acrescentando outros que fizeram convergir para a resposta procurada: diferenciar os conceitos segundo o modelo cinético.

No encontro seguinte, fornecemos um texto explicativo sobre o funcionamento dos equipamentos, o qual foi lido e discutido. Ao final da aula foi entregue outro texto¹² (anexo 2) com uma discussão sobre a diferenciação dos conceitos.

Este fechamento final é uma etapa importante do processo, pois é de se esperar que a esmagadora maioria dos alunos não consiga chegar a uma explicação sofisticada como esta, sozinhos. Assim, os esforços do ensino visaram preparar os alunos para a aula expositiva, mesmo que participativa, onde a resposta é dada pelo professor. Esta consideração é muito diferente daquilo que se tem em

¹² Os textos referidos estão em Silva (opus cit.). Este trabalho e outros podem ser “pegos” (down load) na Internet: <http://fae.unicamp.br/~gepce/dirceu.html>

um curso com base tradicional, pois o professor fornece a boa resposta, que não tem qualquer ressonância com os alunos e dessa maneira, não permite que o aluno faça outra coisa que a memorização simples das conclusões.

Para avaliarmos este ensino, apresentamos ao final deste módulo, uma questão aberta, para sabermos o que os alunos haviam aprendido: **“Nós gostaríamos que vocês relacionassem com explicações o contexto que permitirá ou não fazer variar a temperatura de um corpo”.**

Após 26 meses (dois anos e dois meses), voltamos a apresentar essa mesma questão aos alunos, agora estudantes da 3a. série do ensino médio. Neste segundo momento, encontramos apenas 44 alunos do grupo original que passaram pelo nosso ensino. Ainda, aplicamos a mesma questão para outros dez alunos, que entraram nesta escola após a 2a. série, provenientes de Instituições particulares (8 alunos) e Públicas (2 alunos).

Para analisarmos as respostas, criamos três categorias de respostas para facilitar a análise da idéias dos alunos, usando como referencial aquilo que pretendíamos:

- A) Não uso explícito do modelo cinético-molecular e não distinção dos conceitos de calor e de temperatura.
- B) Uso de elementos do modelo cinético-molecular e não distinção dos conceitos de calor e de temperatura.
- C) Uso de elementos do modelo cinético-molecular e distinção explícita dos conceitos de calor e de temperatura.

Categorias	Número de alunos (após o ensino)	Número de alunos (2 anos e 2 meses depois)
Categoria A	18 alunos (32,1%)	3 alunos (7%)
Categoria B	23 alunos (41%)	26 alunos (59%)
Categoria C	15 alunos (26,9%)	15 alunos (34%)
TOTAL	56 alunos (100%)	44 alunos (100%)

Os dez alunos que não passaram pelo o nosso ensino apresentaram respostas classificadas apenas na categoria A.

Dos 18 alunos da categoria A, da pesquisa antiga, apenas dois apresentaram respostas na categoria C e também dois apresentam respostas da categoria B, na nova pesquisa. Nenhum aluno da categoria C, da primeira investigação, foi encontrado em outras categorias, sendo que três deles saíram da escola e não puderam ser avaliados.

Assim, notamos uma certa estabilidade nas respostas dos alunos, mostrando que o ensino daquela época produziu resultados muito satisfatórios e duradouros.

7. Conclusões e Comentários.

Neste trabalho, pretendíamos mostrar um conjunto de atividades para se ensinar a distinção dos conceitos de calor e de temperatura, ainda que de forma resumida e muito rápida. Para se ter uma visão mais detalhada de todas as etapas do trabalho, sugerimos a consulta à Silva (1995).

Este intento, pode servir como inspiração para que outros professores possam construir outras atividades, que mais se adaptam às suas realidades e condições de sala de aula ou ainda, possam se inspirar para desenvolver outras pesquisas.

Em linha gerais podemos notar que apenas aproximadamente 34% dos alunos que passaram pelo curso ministrado (44alunos = 100%) e que puderam ser analisados, apresentaram resultados muito satisfatórios e que a maioria dos alunos antigos (56%) apresentam o modelo cinético-molecular nas suas considerações, mas não distinguem explicitamente o calor da temperatura. Podemos até conjecturar que a questão dada por nós não permitia tal elaboração, mas este argumento é insustentável se olharmos os alunos classificados em C, pois, estes, com a mesma questão, apresentaram as respostas que queríamos constatar.

Como se passaram mais de dois anos entre um teste e outro, não podemos atribuir à habilidade de memorização os elementos presentes nas respostas, mas sim à construção de conceitos, o que nos leva a acreditar que um ensino pautado em aspectos construtivistas produz melhores resultados. De fato, estudos neo-piagetianos mais recentes têm mostrado que a memorização de alguns conceitos ou teorias menos elementares não sobrevive 2 ou 3 meses em crianças e adolescentes (Benllock, 1984).

Se compararmos estes resultados com pesquisas que também enfocaram os conceitos em questão (Shayer e Wylam, 1981; Macedo de Burghi e Soussan, 1985; Laval, 1985; Tiberghien, 1990; Teixeira, 1992; etc.) constatamos que “de longe” obtivemos resultados excelentes, pois alguns dos trabalhos citados, realizados com extremo cuidado e muito bem fundamentados, mostram que apenas aproximadamente 2% dos alunos mantêm suas respostas dentro do que era esperado como muito satisfatório.

Sobre as possibilidades de aplicação desta atividade em cursos de nível médio, há diversos impedimentos, tais como se ter um forno de microondas disponível, na escola ou de alguém que se possa emprestar, mas como este eletrodoméstico tem barateado muito no mercado, acreditamos que logo será um item presente nas copas e cozinhas das escolas.

Cuidados extras devem ser tomados quando queremos introduzir uma atividade deste tipo em um curso tradicional. Tal medida, com grandes chances, teria um resultado muito diferente daquele que obtivemos, pois, para começar, os alunos dificilmente se manifestam nesses cursos, tendo atitudes mais “passivas” de esperar que o professor “dê a boa resposta”. Quando se cria um ambiente educacional mais “ativo” e desafiador em situações esporádicas, os alunos muitas vezes apresentam resistências iniciais que acabam por comprometer a atividade.

Discussões em continuidade, sobre os impactos tecnológicos na sociedade foram feitas, com vistas à ampliação do tema, não na perspectiva de “engrandecer” ou “diminuir” os avanços que a ciência permite, mas sobretudo para qualificar e caracterizá-los no aspecto de mudança de hábitos e comportamentos.

Finalizado, vimos que atividades que envolvem situações do cotidiano, podem ser perigosas, no sentido de causar “retrocessos” nas concepções dos alunos. Assim, o professor deve ficar muito atento para fazer convergir as discussões para um ponto mais próximo do desejado. Este fato, antes não era entendido desta forma por nós, pois seguindo as tendências da área, achávamos que o dia-a-dia, representava algo estimulante por si mesmo, pois estava mais próximo do conhecimento dos alunos, o que é “meia-verdade”, pois, ele está tão próximo que os alunos ficam imersos nesse conhecimento e têm dificuldades para visualizar insatisfações nas suas explicações.

8. Bibliografia.

- BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*, 9a edição, Paris, VRIN, 1975.
- BASSALO, J.M.F. A Crônica do Calor: Termometria. *Rev. de Ensino de Física*. 13(1): 135-161, 1991.
- BASSALO, J.M.F. A Crônica do Calor: Calorimetria. *Rev. Bras. de Ensino de Física*. 14(1): 29-38, 1992.
- BENLOCK, M. *Por una Aprendizaje Constructivista de las Ciencias*. Madrid, Visor, 1984.
- BOVET, M et al. *Causalité et Apprentissage*. Pré-print Université de Genève. Fac. de Psychologie (CH-1211, Genève-4).
- CARVALHO, A.M.P., CASTRO, R.S., LABURU, C.E. e MORTIMER, E.F. Pressupostos Epistemológicos para a Pesquisa em Ensino de Ciências. *Cadernos de Pesquisa*, Nº 82, pp. 85-89, 1992.
- CARVALHO, A.M.P., GARRIDO, E., LABURU, C.E., MOURA, M.O., SANTOS, M.S., SILVA, D., ABIB, M.L.V.S., CASTRO, R.S., ITACARAMBI, R.R. e GONÇALVES, M.E.R. A História da Ciência, a Psicogênese e a Resolução de Problemas na Construção do Conhecimento em Sala de Aula. *Revista da Faculdade de Educação USP.*, 19(2): 245-256, 1993.
- CARVALHO, A.M.P. e GIL PEREZ, D. *Formação de Professores de Ciências*. São Paulo, Cortez ed., 1993.
- CASTORINA, J.A. et al. *Psicologia Genética - Aspectos Metodológicos e Implicações Pedagógicas*. (trad.: J.C.A. Abreu). Porto alegre, Artes Médicas ed., 1988.

- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. ELIOVITCH, R. Applying the "Cognitive Conflict" Strategy for Conceptual Change - Some Implications, Difficulties and Problems. *Science Education*, 74(5): 555-569, 1990.
- DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1): 3-15, 1986.
- EINSTEIN, A. e INFELD, L. *A Evolução da Física*. (trad.: G. Rebuá). Rio de Janeiro, 4a ed., Zahar Editores, 1980.
- FERNADEZ NETO, V. e SILVA, D. O todo e as Partes: Uma Releitura da Estrutura dos Conceitos de Física no 2º Grau. *Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Niterói, SBF, pp. 376-379, 1995.
- GIL PEREZ, D. Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de um Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación. *Enseñanza de la Ciencias*, 11(2): 197-212, 1993.
- GILBERT, A. *Origens Históricas da Física Moderna*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1982.
- GIORDAN, A. Vers un Modèle Didactique d'Apprentissage Allostérique. IN: BERNARZ, N. e GARNIER, C., *Construction des Savoirs: Obstacles & Conflits*. Montreal, Agence d'ARC Inc., 1989.
- HOPPE, E. *Histoire de la Physique*. (trad.: H. Besson). Paris, Payot, 1928.
- JOHSUA, S. e DUPIN, J.J. Démarches de Modélisation et Interactions Sociales en Classe: Un Exemple en Physique. In: GARNIER, G. et al. (org.) *Après Vygotski et Piaget - Perspectives Sociale et Constructiviste. Ecoles Russe et Occidentale*. Bruxelles. De Boeck-Wesmael S.A., pp. 69-84, 1991.
- KOYRÉ, A. *Estudos Galilaicos*. (trad.: N.F. Fonseca) Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1986.
- LAVAL, A. Chaleur, Temperature et Changements d'Etat. *Recheches en Didactique des Sciences Experimentales*, vol 6, pp. 115-132, 1985.
- MACEDO DE BURGHI, B. e SOUSSAN, G. Estudio de los Conocimientos Preadquiridos sobre las nociones de Calor y Temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.3, pp. 83-90, 1985.
- MACEDO de BURGHI, B. e SOUSSAN, G. Estudio de los Conocimientos Preadquiridos sobre las nociones de Calor y Temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.3, pp. 83-90, 1985.
- MILLAR, R. e DRIVER, R. Beyond Processes. *Studies in Science Education*, Vol. 14, pp. 33-62, 1987.
- MIRAS, M. Un Ponto de Partida para el Aprendizaje de Nuevos Contenidos: los Conocimientos Prévios. In: COLL, C. et al. *El Constructivismo en el Aula*. Barcelona, Editorial Graó, pp. 25-45, 1993.

- MOULTON, F.R. e SCHIFFERS, J.J. *Autobiografia de la Ciencia*. (trad.: F.A. Delpiane), 2a ed. México, Fondo de Cultura Económica, 1986.
- NOVAK, J.D. Construtivismo Humano: Un Consenso Emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3):213-223, 1988.
- PRICE, D.S. *A Ciência desde a Babilônia*. (trad.: L. Hegenberg e O.S. Mota). Belo Horizonte, Ed. Itatiaia Ltda, 1976.
- ROON, P.H., SPRANG, H.F. e VERDONK, A.H. 'Work' and 'Heat': on a road towards Thermodynamics. *International Journal of Science Educacion*, 16(2): 131-144, 1994.
- ROSSI, P. *Os Filósofos e as Máquinas*. (trad.: F. Carotti). São Paulo, Cia das Letras, 1989.
- ROWELL, J. A. e DAWSON, C.J. Equilibration, Conflit and Instruction: a New Class-Oriented Perspective. *European Journal of Science Education*. 7(4): 331-344, 1985.
- SANTOS, M.E.V. *Mudança Conceitual na Sala de Aula*. Lisboa, Livros Horizonte, 1991.
- SCHENBERG, M. *Pensando a Física*. São Paulo, ed. Brasiliense, 1984.
- SCHURMANN, P.F. *Luz y Calor*. Buenos Aires. Espasa-Calpe Argentina Ed., 1946.
- SCOTT, P.H., ASOKO, H.M. e DRIVER, R. Teaching for Conceptual Change: a Review of Strategies. In: DUIT, R., GOLDBERG, F. e NIEDDERER, H. (Ed.) (1991). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremem*. Bremem, Institut Für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, 1991.
- SCOTT, P.H. Overtures and Obstacles: Teaching and Learning About Air Pressure in a High School Classroom. In: NOVACK, J.D. (org.) *Proceedings of Third International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornel University, 1993, in press.
- SHAYER, M. e WYLAM, H. The Development of the Concepts of Heat and Temperature in 10-13 Years-Old. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 18. pp. 419-434, 1981.
- SILVA, D. e LATTOUF, R. Eletricidade: Atividade de Ensino Coerente com um Modelo Construtivista. *Pro-posições*, Campinas SP, Special Issue: Educação em Física. Vol 7 N° 1(19): 41-57, 1996.
- SILVA, D. *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 1995.

- SILVA, D. e Almeida, M.J.P. *Representações do Calor: um estudo sobre os usos que se faz do termo*. Em preparação - a ser publicado em 1997.
- SILVA, D. O Ensino Construtivista da Velocidade Angular. Coleção Textos: *Pesquisa para o Ensino de Ciências*, N° 4, São Paulo, FEUSP, 1990.
- SILVA, D. *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 1995.
- TEXEIRA, O.P.B. *Desenvolvimento do Conceito de Calor e Temperatura: A Mudança Conceitual e o Ensino Construtivista*. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 1992.
- TIBERGHIEEN, A. Learning and Teaching at Middle School Level of Concepts and Phenomena in Physics: the Case of Temperature. In: MANDL, H. et al. (eds.) *Learning and Instruction*. London, Pergamon Press, pp.631-648, 1990.
- TRIPLER, P.A. *Física Moderna*. (trad.: Y. Yamamoto, org.). Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1981.
- VAZQUEZ DIAZ, J. Algunos Aspectos a Considerar en la Didáctica del Calor. *Enseñanza de la Ciencias*, 5(3): 235-238, 1987.
- VILLANI, A. Conceptual Change in Science and Science Education. *Science Education*, 76(2): 223-237, 1992.
- WHEATLEY, G.H. Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. *Science Education*, 75(1): 9-21, 1991.
- ZEMANSKY, M.W. The Use and Misuse of the Word "Heat" in Physics Teaching. *The Physics Teacher*, 8: 295-300, 1970.
- ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. *Revista de Ensino Física*. 5(2): 3-16, 1983.