

Identificação de concepções de alunos de ensino médio sobre calor e temperatura

Identification of conceptions of high school students about heat and temperature

Margarete J. V. C. Hülsendeger
Denise Kriedte da Costa
Helena Noronha Cury

RESUMO

Neste texto é relatada uma pesquisa realizada com alunos de Física do ensino médio, com o objetivo de identificar suas concepções sobre calor e temperatura. A idéia que originou o trabalho proveio das dificuldades de alunos de Engenharia Química, ao utilizar tais conceitos no estudo de Cálculo Diferencial e Integral. Considera-se que é necessário investigar as concepções dos alunos para poder construir estratégias de ação em sala de aula que os auxiliem a superar dificuldades de entendimento. A análise de conteúdo das respostas dos 167 participantes aos questionamentos feitos pelas pesquisadoras permitiu a emergência de categorias, apresentadas juntamente com sua interpretação e o diálogo com os teóricos que embasaram a investigação.

Palavras-chave: *concepções de alunos, calor, temperatura.*

ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of identifying conceptions of high school physics students about heat and temperature. The idea to develop the work was originated by the difficulties of chemistry engineering students, when studying Integral and Differential Calculus. We consider that it is necessary to investigate students conceptions in order to build classroom teaching activities that can help them to overcome learning difficulties. Content analysis of the answers of the 167 students results in the distinctions of categories. We present them together with the foundations and the interpretation of this research.

Key words: *Students conceptions, heat, temperature.*

Margarete J. V. C. Hülsendeger é Mestre em Educação em Ciências e Matemática, professora dos Colégios João XXIII e Israelita de Porto Alegre/RS.

Denise Kriedte da Costa é Mestre em Educação em Ciências e Matemática, professora dos Colégios Santa Inês e Champagnat de Porto Alegre/RS.

Helena Noronha Cury é Doutora em Educação, professora titular da Faculdade de Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Introdução

O trabalho com alunos de um curso de Engenharia Química, na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, tem mostrado que a resolução de muitos problemas de aplicação de conceitos matemáticos esbarra em dificuldades de compreensão dos conteúdos de Química ou Física envolvidos, já explorados no ensino médio. Dessa forma, não basta considerar tais conteúdos já construídos pelos alunos e propor problemas que envolvam novos conceitos, como derivadas e integrais. É preciso rever, de alguma forma, as concepções dos estudantes da educação básica, para verificar se eles têm bem claros os conceitos dessas áreas e se podem aplicá-los em contextos específicos.

Elaboramos, então, um projeto de pesquisa interdisciplinar, intitulado “Concepções de alunos de ensino médio sobre Matemática e Ciências”, desenvolvido por duas professoras de ensino médio, de Química e Física, e uma professora de Cálculo Diferencial e Integral de um curso de Engenharia Química, buscando respostas à seguinte questão: como o professor pode reconhecer as concepções dos alunos sobre determinado tema e construir estratégias de ação que minimizem as dificuldades apresentadas?

Propusemo-nos, então, a: 1) fazer um levantamento das concepções apresentadas por alunos de ensino médio sobre conteúdos previamente estabelecidos; 2) discutir as possíveis causas das concepções errôneas; 3) a partir dos dados obtidos, propor estratégias de ação no sentido de auxiliar os alunos na construção de conhecimentos escolares adequados aos padrões aceitos pelas Ciências e pela Matemática atuais.

A investigação foi realizada em várias etapas, nas quais foram propostas questões cujas respostas foram analisadas em profundidade. Neste artigo, apresentamos apenas uma parte da pesquisa, envolvendo alunos

de Física do ensino médio, focalizando a interpretação dada pelos alunos ao conceito de calor. Mesmo sendo bastante discutido em outras investigações (GIL-PÉREZ, 1986; DRIVER, 1986; POZO e CRESPO, 1998; JOHSUA e DUPIN, 1999; CUBERO, 2000; ASTOLFI e DEVELAY, 2002), consideramos que se justifica uma nova pesquisa sobre as concepções dos alunos a respeito do calor e da temperatura, pois não temos percebido, por parte dos estudantes, uma modificação significativa de tais concepções após o estudo destes conceitos (HÜLSENDEGER, 2004).

As concepções dos alunos

Da mesma forma que os professores têm suas próprias concepções sobre o processo de aprender e ensinar, os alunos também trazem para a sala de aula suas idéias sobre muitos dos assuntos que nela são discutidos. Influir sobre essas representações não é uma tarefa fácil. Muitos professores ainda estão presos à idéia de que pela repetição contínua de conceitos ou definições o aluno irá aprender. Tem-se dificuldade em compreender que ele chega à sala de aula com conhecimentos já constituídos, não se tratando, portanto, de “adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana” (BACHELARD, 2001, p.23). Torna-se, portanto, essencial reconhecer e compreender a importância dessas concepções e a forma como elas influenciam o processo de ensino-aprendizagem. Muitos dos estudos que vêm sendo realizados, há algum tempo, na área de Ciências, sobre o tema “concepções” se assentam nas idéias de Bachelard (2001), que, com sua noção de obstáculo epistemológico, apontou caminhos para estudos mais aprofundados das dificuldades apresentadas pelos alunos.

Diversas nomenclaturas têm sido empregadas para referir-se ao que o aluno traz

para a sala de aula, aos seus conhecimentos anteriores: concepções ou idéias prévias, concepções iniciais, representações, etc. Os estudos até agora desenvolvidos têm conseguido apontar algumas das características mais marcantes dessas representações:

São construções pessoais dos alunos, elaboradas de forma espontânea na sua interação cotidiana com o mundo que os cerca. São incoerentes do ponto de vista científico, embora não tenham por que sê-lo do ponto de vista do aluno; na verdade, costumam ter bastante poder de predição em relação aos fenômenos cotidianos. São, geralmente, estáveis e resistentes à mudança; persistem, apesar da instrução científica. Têm caráter implícito, diante do caráter explícito das idéias científicas. Muitos estudantes têm grandes dificuldades para expressar e descrever suas idéias, não tendo consciência das mesmas. Procuram mais utilidade do que a verdade, como supostamente fariam as teorias científicas. São conhecimentos específicos que se referem a realidades próximas e concretas, às quais o aluno não sabe *aplicar as leis gerais que lhe são explicadas em aula*. (POZO; CRESPO, 1998, p.88)

O que se espera, ao deparar com concepções desse tipo é que o aluno as supere no decorrer das aulas. Mas será isso possível? A grande dificuldade a ser enfrentada é que, durante muito tempo, as concepções trazidas pelos alunos para a sala de aula foram combatidas, pois se aceitava que deveriam ser eliminadas, por estarem “erradas”. Custou-se a entender que talvez o caminho não fosse a simples eliminação dessas representações, como ocorre quando trabalhamos num computador, no qual o simples apertar da tecla *delete* retira facilmente uma informação. Também se custou a entender não ser a contínua repetição que faria conceitos tão sedimentados se alterarem de um dia para o

outro, ou até mesmo de um ano para outro. Como afirma Meirieu (1998), não basta “dizer a um aluno que ele está errado, também não basta, como se acredita muito freqüentemente, mostrar-lhe isso com obstinação, é preciso que interiorize essa constatação, é preciso colocá-lo em situação de experimentá-la pessoalmente” (p. 59).

Certas concepções, errôneas sob o ponto de vista da Ciência atual, mas aceitas, muitas vezes, em períodos ainda recentes da História das Ciências e da Matemática, influenciam a aprendizagem de novos conceitos. Ao entrar em conflito com as novas idéias ensinadas, produzem uma espécie de barreira, de forma que os alunos “aprendem” o conhecimento novo, mas o utilizam somente em circunstâncias semelhantes às que lhes foram apresentadas. Dessa forma, instala-se um conflito cognitivo que, se mal trabalhado pelo professor, acumulará dificuldades ao longo da vida escolar do aluno. Também, seria ingênuo pensar que artifícios possam provocar uma substituição imediata e definitiva das velhas representações trazidas pelos alunos. Para Moreira e Greca (2003),

Es una ilusión pensar que un conflicto cognitivo y/o una nueva concepción plausible, inteligible y fructífera conducirá al reemplazo de una concepción alternativa significativa. Cuando las estrategias de cambio conceptual son bien sucedidas, en términos de aprendizaje significativo, lo que hacen es agregar nuevos significados a las concepciones ya existentes, sin borrar o reemplazar los significados que ya tenían. (p.305)

A investigação aqui relatada foi desenvolvida com alunos de ensino médio, mas sabemos que suas concepções vão ser levadas para o próximo nível de ensino e causar dificuldades para a compreensão de conteúdos de seus cursos superiores. Tratando especificamente do conceito esco-

lhido para esta pesquisa – calor – e buscando a importância do mesmo para alunos de Engenharia Química, encontramos em Rugarcia et al. (2000) argumentos interessantes que vêm ao encontro do que abordamos nesta investigação:

Os estudantes de Engenharia Química [...] resolvem problemas de termodinâmica em cursos de termodinâmica e problemas de transferência de calor em cursos sobre transferência de calor, em geral não reconhecendo que as duas áreas estão intimamente relacionadas. Como profissionais, por outro lado, os engenheiros químicos [...] solucionam problemas, buscando conhecimentos de termodinâmica, transferência de calor, economia, engenharia de segurança, ciências do meio ambiente e qualquer outra disciplina pertinente. [...] Termodinâmica e transferência de calor deveriam ser aplicações relacionadas da lei de conservação de energia e não assuntos separados, contidos em si mesmos, ensinados por diferentes professores, usando diferentes livros-texto. (p.9-10)

Metodologia da pesquisa

A parte da pesquisa aqui relatada foi realizada com 167 alunos de Física, da primeira e segunda séries do ensino médio, de duas escolas particulares da cidade de Porto Alegre. A investigação foi de caráter qualitativo, sendo empregado um texto com uma contextualização do tópico então estudado – temperatura –, seguido de seis breves “notícias” sobre o próximo tema que iria ser desenvolvido em aula: o calor. Foi solicitado aos alunos que, após a leitura, listassem suas dúvidas e curiosidades sobre o assunto em questão e se posicionassem sobre conceitos conhecidos, presentes no

texto, fazendo uma breve descrição do que acreditavam saber.

Para analisar os questionamentos apresentados nos textos dos alunos, foi utilizada a análise de conteúdo, cujos conceitos, princípios e técnica propriamente dita são apontados em Bardin (1979). Segundo esta autora, a análise de conteúdo é:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (p.42)

A autora deixa claro que trabalhos escolares, como textos produzidos por alunos, podem ser analisados, com propósitos diversos.

Os passos ou etapas da análise de conteúdo, apresentados em Bardin (1979), são também aprofundados em Moraes (1999). Há três etapas básicas, que podem ser subdivididas de acordo com as necessidades: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Na primeira fase, o material é organizado, partindo-se da escolha dos documentos, da formulação de hipóteses e objetivos da análise, utilizando-se a leitura “flutuante”, em que o pesquisador se deixa impregnar pelo material. Escolhidos os documentos, delimita-se o *corpus*, que é o campo específico sobre o qual a atenção vai ser fixada.

A fase de exploração do material envolve um estudo aprofundado do *corpus*, com procedimentos de unitarização e categorização. A unitarização é o processo que consiste em reler o material para definir as unidades de análise, que podem ser “palavras, frases, termos ou mesmo documentos em sua forma integral”. (MORAES, 1999, p.16). Na releitura, cada unidade é codificada e, a seguir, individualizada. Ten-

do destacado as unidades, o próximo passo é a categorização, que “tem por primeiro objectivo [...] fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos.” (BARDIN, 1979, p.119). Esse agrupamento é feito segundo critérios prévios, já decididos anteriormente, acrescidos de outros que são estabelecidos *ad hoc*.

Já na fase de tratamento dos resultados, a próxima etapa é a descrição das categorias, que pode ser feita através da apresentação de tabelas ou quadros com indicação das distribuições de frequência e das percentagens, nas pesquisas de cunho quantitativo, ou com a produção de um “texto-síntese”, nas pesquisas predominantemente qualitativas.

Vem, então, a fase final da análise de conteúdo, em que se busca atingir a “compreensão mais aprofundada do conteúdo das mensagens mediante inferência e interpretação.” (MORAES, 1999, p.24).

Análise dos dados

Inicialmente, emergiram dos textos produzidos pelos estudantes um grande número de categorias indicativas de suas diferentes concepções, que se evidenciaram em questionamentos. Ao redefinir as categorias, optamos por reagrupá-las em quatro grandes classes, apresentadas a seguir, já analisadas e comentadas. As observações retiradas dos textos escritos pelos alunos serão inseridas ao longo do texto, em itálico.

a) O calor é energia ou substância?

A compreensão do conceito de calor como uma forma de energia em movimento ou como “*transferência de energia térmica entre corpos que se encontram em temperaturas diferentes*”, não é algo fácil de ser aprendido. Há aqui a necessidade de se conhecer, por exemplo, como funciona a estrutura da matéria, algo que não guarda

muita relação com aquilo que é percebido pelo aluno no seu dia-a-dia.

É importante que o aluno, gradualmente, passe a compreender que, quando se fala em calor, não se está tratando de uma propriedade específica da matéria, mas de uma forma de energia, com características próprias. Como explica um dos estudantes: “*o calor não é uma característica do corpo. Podemos medir a massa de um corpo, a sua temperatura, seu volume, sua carga elétrica, mas não podemos medir seu calor. Um corpo não possui calor*”.

Do mesmo modo, é importante que o estudante também compreenda que essa forma de energia só existe sobre determinadas condições, sendo a diferença de temperatura entre os corpos a mais importante. Nas palavras de um aluno, “*um corpo não possui calor; calor é sempre transferido entre dois corpos, do corpo com mais temperatura para o com temperatura mais baixa*”, sendo essa, portanto, uma condição necessária para a existência do calor como energia. Esse raciocínio exige, do aluno, que ele incorpore ao seu vocabulário expressões como “fluxo de calor”, “trânsito de energia térmica” ou simplesmente “transferência de calor”.

O aluno, de posse desses conceitos, começa, também, a entender que temperatura e calor não são sinônimos, mas que, na verdade, “a temperatura caracteriza o estado de um corpo em um dado instante, ao passo que o calor é uma entidade física que se transmite de um corpo para o outro” (BEN-DOV, 1996, p.47), ou, como justifica um aluno: “*a nossa pele não indica uma temperatura, mas sim uma quantidade de calor; que tanto pode estar saindo quanto entrando em um corpo*”. Assim, é por meio do entendimento do conceito de calor que o aluno também passa a compreender que a pele, por exemplo, só consegue notar as mudanças de temperatura devido ao trânsito de energia térmica, e o que percebemos é “*o sentido do calor, mas não a temperatura em si*”.

Esse entendimento poderá auxiliar o estudante a identificar, no mundo a sua volta, as diferentes aplicações desses conceitos, pois só assim estes passarão a ter algum significado para ele. Nesse contexto, encontre-se a compreensão do conceito de isolante térmico, que é assim chamado por conduzir pouco calor. Logo, como explica um aluno, materiais que possuem *“pequena condutividade térmica irão transferir pequenas quantidades de calor por unidade de tempo”*. Roupas ditas isolantes térmicas não *“impedem que o calor do corpo saia”*, mas, na verdade, procuram *“evitar que haja transmissão de calor de dentro para fora, ou de fora para dentro, seja por condução, por convecção ou por radiação”*. Portanto, a condutividade térmica está diretamente associada ao fluxo de calor entre os corpos, pois *“quanto maior for a condutividade térmica, mais facilmente o calor vai fluir”*.

Da mesma maneira, é no conceito de calor que o aluno encontrará as explicações para a utilização do gelo na construção das casas dos esquimós (iglus). Compreenderá que o *“gelo não tira o calor”* ou que o gelo *“não deixa o frio passar”*, mas que ele, por ser um bom isolante térmico, *“demora mais para conduzir o calor de dentro para fora do iglu”*. Em outras palavras, quando se trata de calor, é tudo uma questão de movimento ou de transferência, existindo materiais em que esse movimento não ocorrerá com tanta facilidade.

Entretanto, tudo o que até agora foi descrito exige do aluno um maior esforço, pois está se tratando com conceitos com um alto grau de abstração. Para o estudante, é bem mais fácil compreender e aceitar calor como uma substância palpável e concreta, do que compreendê-lo como energia, algo distante do que ele está acostumado a perceber. Mas, o que se observa é os alunos transitando, muitas vezes sem conflitos, entre estes dois modelos de calor – o calor-substância e o calor-energia – de tal forma que a resistência a uma mudança conceitual é muito grande, bastando haver um pequeno intervalo de tempo no qual esses con-

ceitos não sejam discutidos para que tudo fique esquecido ou misturado.

Autores como Pozo e Crespo (1998) argumentam que as teorias científicas não substituem as do senso comum, coexistindo umas com as outras. Outros pesquisadores defendem que a aprendizagem científica só ocorrerá quando conseguirmos destruir os conhecimentos mal estabelecidos (BACHELARD, 2001). Também há investigadores que argumentam ser o conhecimento científico o resultado de um vaivém entre situações concretas em um *corpus* simbólico (ASTOLFI; DEVELAY, 2002). Portanto, podemos até conseguir, num primeiro momento, superar essas dificuldades de compreensão, mas é provável que mais adiante elas venham a reaparecer.

b) O calor está contido em um corpo?

Quando se procura sondar o conceito de calor junto aos alunos, descobre-se que o mesmo assume, no seu imaginário, a característica de ser uma propriedade da matéria. Para a maioria dos alunos, *“corpos quentes têm mais calor que corpos frios”*. Por esta razão, quando se trabalha esses conceitos em sala de aula, é difícil dissociar calor de aumento de temperatura.

Para muitos alunos, *“quanto mais massa um corpo tiver, mais calor ele poderá conter. Assim, um corpo grande poderá conter mais energia calorífica e estar a uma temperatura mais baixa que um corpo menor”*. Associam ao conceito de calor o verbo conter e, novamente, ele aparece como uma propriedade do corpo ou da matéria, não como uma forma de energia. Estas idéias guardam uma estreita relação com uma antiga teoria sobre a natureza do calor: o calórico. Esta teoria, enunciada por Wolf em 1720, não fazia menção a átomos e considerava o calor um fluido hipotético que preenchia todos os corpos.

Contudo, esta concepção, já superada, também leva, como já foi mencionado anteriormente, a uma idéia equivocada do que seria temperatura, pois muitos alunos vêm

nela uma grandeza que mede a quantidade de calor existente em um corpo. Daí a associação, citada anteriormente, de que, para um grande número de alunos, “*corpos quentes têm mais calor que corpos frios*”. O próprio conceito de frio, como uma propriedade da matéria, também fica reforçado por esta idéia de calor contido, pois o aluno passa a acreditar que, quando sentimos frio, estamos sentindo a necessidade de manter dentro do nosso corpo o calor que estava saindo.

Muitas vezes, os fenômenos associados à transferência de energia são explicados de forma a explicitar as características marcantemente substancialistas do calor. Assim, para muitos alunos, as roupas são más condutoras de calor porque “*servem para manter o calor que há no nosso corpo*” não o deixando sair. Segundo eles, as roupas são usadas para manter o calor do corpo, não permitindo que saia ou que o calor de fora entre. O isolamento proporcionado pelos materiais maus condutores, como o gelo, por exemplo, é explicado, na maioria das vezes, como a capacidade do isolante em não permitir que o calor existente no interior de um corpo saia: “*neve é um isolante térmico e não deixa o calor sair; o calor é produzido por quem habita o iglu*” ou “*como o corpo possui calor, este se desprende, mas o iglu conserva este calor; fazendo com que o esquimó não passe frio*”.

Observa-se, então, que, mesmo que os alunos partam de conceitos historicamente já superados, eles conseguem encontrar explicações (para eles plausíveis) para muitos dos fatos estudados em sala de aula, uma vez que esses conceitos estão mais próximos do senso comum e, conseqüentemente, da realidade percebida e compreendida por eles. Os estudantes mesclam, muitas vezes, conceitos cientificamente corretos com suas próprias explicações, formando assim um *corpus* de conhecimento coerente com a sua realidade e de grande força no seu imaginário.

c) O frio existe?

A história do desenvolvimento da noção de calor é bastante instrutiva quando se dese-

ja compreender a forma como os conceitos científicos são elaborados e construídos. Segundo Astolfi e Develay (2002, p.22), as tentativas de explicação do que seja o calor remontam à Antigüidade e às quatro qualidades da matéria apresentadas por Aristóteles.

No entanto, a concepção aristotélica ainda não se encontra totalmente superada, muitos alunos ainda tratam o calor e o frio como estados diferentes da matéria, desconsiderando o conceito moderno de calor como uma forma de energia. Assim, para um aluno, “*a pele é nosso medidor de temperatura, quando sentimos frio, significa que o calor está saindo, e quando sentimos calor, significa que o frio está saindo*”. Ou seja, para ele o frio tem propriedades próprias, mas antagônicas às propriedades do calor, considerando os dois como lados diferentes de uma mesma moeda.

O surpreendente é que essas concepções permanecem na mente de muitos alunos após a aprendizagem formal dos conceitos abordados na Termodinâmica, fazendo com que tais idéias se sobreponham àquelas aceitas pela Ciência atual. Assim, por exemplo, ao tentar explicar as razões que tornam o gelo um isolante térmico, um aluno argumenta que “*o gelo não permite que o frio entre e nem que o calor saia de dentro dos iglus, funcionando como um isolante térmico*”. Para ele há um movimento de entrada e saída de frio e de calor, que é bloqueado pelo gelo, sendo essa a razão dessa sua característica isolante.

No entanto, mesmo que esse conceito, para muitos alunos, seja de difícil compreensão e até mesmo aceitação, para outros o frio já não é mais encarado como uma propriedade da matéria, mas sim como uma conseqüência da transferência de energia. Mas essa não é mudança fácil de se conseguir, pois esbarra em dificuldades oriundas de concepções muito fortes “*elaboradas de forma espontânea na sua interação cotidiana com o mundo que os cerca*” (POZO; CRESPO, 1998, p.88). Mesmo que o aluno compreenda que te-

mos sensações de frio (e de calor) devido à transferência de energia, ainda se observa que estas explicações são acompanhadas de justificativas que deixam escapar expressões como, por exemplo, *“estamos perdendo calor ou frio”*.

Na verdade, é difícil entender que, quando sentimos frio, é porque perdemos calor exageradamente, ou, nas palavras de um aluno, *“sempre é o calor que vai do lugar mais quente para outro mais frio. Não há ‘ondas de frio’, há massas de ar frio que passam por nós e que retiram calor de nossos corpos...e temos a sensação de frio!”*. Do mesmo modo, é importante compreender que o conceito de isolante térmico não está associado à capacidade do corpo de “isolar o frio” mas a determinadas características da estrutura da matéria que dificultam a transferência de energia ou, como explicou um aluno, “ao encostarmos algum objeto frio na nossa pele nós na verdade sentimos a perda de calor para objeto e não que ele está frio”.

Portanto, a compreensão da natureza do calor passa, na verdade, pelo entendimento da assimetria essencial entre o quente e o frio, pois o correto é dizer que o “calor” passou do fogo para a água, e não que a “frieza” passou da água para o fogo. Como explica Ben-Dov (1996, p.47), “o calor é percebido como uma entidade física existente em si, enquanto o frio não passa de uma ausência de calor, assim como as trevas são uma ausência de luz”. Entretanto, essa compreensão esbarra na dificuldade de se entender o que é o calor, já que, ao contrário da temperatura – que é uma propriedade diretamente perceptível pelos sentidos –, ele é um conceito teórico. Assim, para o estudante, fica bem mais fácil entender calor como substância, algo palpável e concreto, do que entendê-lo como energia, algo indefinível e abstrato. Ou, como disse Bachelard (2001, p.18), “a pergunta abstrata e franca se desgasta: a resposta concreta fica”.

d) Temperatura é sinônimo de calor?

O estudo dos fenômenos termodinâmicos envolve conceitos que pouco têm de concreto e muito de abstrato. Basicamente, trabalha-se com a idéia de energia e suas possíveis transformações. Parece simples à primeira vista, mas esses conceitos são bastante complexos.

Primeiro, considera-se que a energia não pode ser destruída e nem gerada do nada, mas apenas transformada de um tipo em outro, princípio considerado universal na Física. No entanto, nada simples de se compreender, conforme é reconhecido por Feynman (1999, p.155), quando afirma:

Trata-se de uma idéia extremamente abstrata, por ser um princípio matemático [...]. Não é a descrição de um mecanismo ou de algo concreto; é apenas o fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando terminamos de observar a natureza em suas peripécias e calculamos o número de novo, ele é o mesmo.

Em seguida, apresenta-se a idéia de que existem sistemas nos quais essa conversão, mesmo sendo teoricamente possível, não ocorre em todos os sentidos, situação que Feynman (1999, p.136) também explica muito bem:

No tocante à conservação da energia, cabe observar que a energia disponível é outra questão – há muita agitação nos átomos da água do mar, porque o mar tem certa temperatura, mas é impossível arrebanhá-los em um movimento definido sem extrair energia de outro lugar. Ou seja, embora saibamos que a energia é conservada, a energia disponível para utilização humana não é conservada tão facilmente.

Este é o princípio da irreversibilidade, também conhecido como segundo princí-

pio da Termodinâmica. No entanto, todos esses conceitos só começam a ter algum sentido quando o aluno consegue distinguir duas idéias básicas: calor e temperatura. Historicamente estes conceitos sempre estiveram atrelados, foi somente em 1760 que Joseph Black demonstrou serem eles totalmente diferentes. Por esta razão não é de se estranhar que, ainda hoje, muitos alunos tenham tantas dificuldades em compreender as diferenças conceituais entre calor e temperatura. Segundo um estudante, “calor é a temperatura em transição entre dois corpos”, enquanto para outro, “o calor é a energia transferida entre dois corpos, isto é, a troca de temperatura”. Analisando essas afirmativas, observa-se que, ao contrário do conceito de calor, que, na maioria das vezes, aparece como uma propriedade da matéria, o conceito de temperatura surge como algo que pode ser trocado entre os corpos.

A compreensão do conceito de temperatura está associado a um conhecimento mais claro da estrutura molecular, já que “todos os objetos são constituídos de átomos que variam a sua velocidade de acordo com a temperatura, ou seja, quanto maior for a temperatura, maior será a sua vibração e vice-versa”. Entretanto, assim como em outros momentos da história era difícil de entender a forma como os corpos eram constituídos, também para o aluno fica difícil aceitar algo que não está ao alcance dos seus sentidos. Basicamente, ele deve confiar na palavra do seu professor de que todos os corpos ao seu redor são constituídos de diminutas partículas (moléculas) que se encontram em perpétuo movimento. Portanto, a dificuldade de se superar o conhecimento do senso comum pode realmente atrapalhar quando queremos abordar conceitos mais complexos, como os que são estudados na Termodinâmica.

Assim, o aluno percebe que corpos ditos quentes têm elevada temperatura e que, quando colocados em contato com corpos “frios”, têm a sua temperatura re-

duzida. E a conclusão mais imediata é que o corpo “mais quente” transferiu sua temperatura para o “mais frio”: “o gelo, com o qual são construídos os iglus, não permite que a temperatura de dentro saia, mantendo-os quentes (com a temperatura do seu próprio corpo) durante o inverno”. Pois, o que o aluno identifica como algo que está em movimento, não é o calor, mas a temperatura dos corpos. O calor não é percebido, não é visto, é algo imponderável, o que faz com que os alunos acabem transformando-o em uma propriedade da matéria, para ser melhor compreendido por eles. E a razão para essas dificuldades, talvez esteja no fato de que o próprio conceito de energia não está suficientemente claro em suas mentes. Clareza, diga-se de passagem, que, às vezes, os próprios físicos não possuem, pois embora saibam “que toda energia é uma medida da atividade, os físicos não têm uma resposta para a pergunta: ‘O que está em atividade?’” (CAPRA, 1988, p.115). Persiste, para os alunos, a dúvida sobre como pode, por exemplo, haver aumento de temperatura sem a presença de calor.

Entretanto é importante avançar nesses conceitos demonstrando que a temperatura representa a intensidade das vibrações entre os átomos, enquanto que o calor é uma propagação dessas mesmas vibrações. Ou seja, como nos diz um aluno, nós “sentimos a temperatura e não o calor”, pois segundo ele, a “temperatura é a frequência do calor e não o calor propriamente dito”.

Outro aspecto interessante no ensino desses conceitos, é a possibilidade de auxiliar os alunos a compreender que, enquanto, um corpo sempre terá temperatura (alta ou baixa) a transferência de calor pode se tornar nula, bastando para isso que os corpos, em contato, entrem em equilíbrio térmico. Neste estado, apesar de cessar a transferência de calor entre os corpos, eles não deixam de ter energia, pois as moléculas continuam vibrando, continua a existir uma forma de energia (chamada “energia interna”), esta sim direta-

mente associada à temperatura dos corpos. De modo que, quanto maior for a temperatura de um corpo, maior será a sua energia interna.

No entanto, este também é um conceito complexo, pois a energia interna não pode ser medida diretamente, configurando-se numa forma de energia mecânica (energia cinética) associada ao número de moléculas que constituem um corpo e ao seu grau de agitação molecular. Novamente, o aluno deve aceitar a existência de uma forma de energia que não pode ser vista ou sentida, mas que pode ser determinada indiretamente pelas variações de temperatura sofridas pelos corpos. Assim, do mesmo modo que temperaturas não são trocadas, a energia interna também não o é, ambas podem apenas aumentar ou diminuir; pois, segundo um aluno a *“temperatura é a medida do nível de energia interna de um ser; pelo contrário o calor é a passagem de energia de um corpo para outro, devido a uma diferença de temperatura entre eles”*. Com isso, ele parece compreender que diferentes corpos podem ter diferentes temperaturas e, conseqüentemente, diferentes energias internas, o que faz da temperatura não um sinônimo de calor, mas uma conseqüência deste.

Portanto, mesmo que a natureza do calor seja atualmente melhor compreendida, ela continua ainda, “em muitos aspectos fundamentais, uma coisa bastante misteriosa” (SCHEMBERG, 2001, p.86). E, se os físicos assim o consideram, o que esperar dos alunos que são pela primeira vez apresentados a este conceito?

Como já foi dito anteriormente, este não é só um conceito complexo, mas também esbarra na dificuldade de se encontrar afastado na realidade percebida e sentida pelos alunos, o que torna extremamente difícil não só a sua compreensão mas, também, a sua aceitação. Para Pozo e Crespo (1998, p.41),

A transferência ou generalização dos conhecimentos adquiridos para um novo contexto ou domínio constitui

o problema de aprendizagem mais difícil de superar, tanto para as teorias da aprendizagem como para a própria prática didática e educacional.

A solução, muitas vezes encontrada pelo aluno, é de tentar utilizar essas diferentes idéias, em contextos também diferentes, adaptando-os conforme as suas necessidades do momento. Em outras palavras, dentro da sala de aula se esforçará para utilizar os conceitos e vocabulário aceitos pela Ciência atual, enquanto que, fora dela, fará uso dos recursos e instrumentos que melhor explicam o seu cotidiano.

Entretanto, reconhecer a importância dessas representações e a forma como elas influenciam no processo de ensino-aprendizagem pode auxiliar na compreensão de muitas das dificuldades enfrentadas pelos alunos diante de determinados conceitos científicos, como aqueles estudados na Termodinâmica. O professor poderá começar a compreender o porquê das dificuldades dos alunos, e aqui não se trata de supervalorizar o erro ou usá-lo contra o aluno, mas tentar compreendê-lo, para, então, utilizá-lo em seu favor.

Conclusões

A partir do que foi exposto, podemos nos perguntar: a compreensão das idéias trazidas pelos alunos pode colaborar para dar um maior significado aos conceitos que são trabalhados em sala de aula?

Em princípio, seria ingênuo afirmar que está apenas na metodologia empregada pelo professor a solução de todos os seus problemas. São muitos os fatores que, de alguma forma, contribuem para essa situação e, entre eles, está a visão do professor sobre o que é Educação e Ciência. No entanto, ao tentar reconhecer muitas das representações trazidas pelos alunos, tivemos como um dos objetivos deste trabalho a elaboração de estratégias que permitissem

auxiliá-los na compreensão de alguns dos conceitos tratados na Termodinâmica, buscando, assim, superar suas dificuldades. Para isso, tornou-se essencial ativar determinados conhecimentos, procurando não subestimá-los, mas fazendo-os vir à tona, trazendo-os para contextos conhecidos dos alunos. Dessa forma, foram utilizadas, com esses alunos, algumas estratégias de ensino, como apresentação de questões objetivas e dissertativas para simples levantamento de dúvidas, aulas dialogadas e textos diversos, que auxiliaram a compreender um pouco melhor as idéias sobre os conceitos fundamentais da Termodinâmica.

Quando se trabalha com esses conceitos, pode-se observar que os alunos se equilibram entre dois mundos: o seu mundo do dia-a-dia (senso comum) e o dos conceitos científicos. O reconhecimento da presença dessas representações, trazidas pelos alunos para dentro da sala de aula, pode, também, auxiliar os professores a compreender melhor o caráter relativo do processo de ensinar e aprender. Ou seja, entender que não será pela simples repetição de conceitos aceitos pela Ciência que o aluno irá abandonar suas próprias explicações para os fenômenos a sua volta. Assim, poderemos, quem sabe, aceitar melhor que os alunos convivam “pacificamente” com diferentes conceitos; alguns cientificamente corretos (pelo menos à luz do conhecimento atual) e outros mais próximos do senso comum, não significando com isso que não tenha ocorrido algum tipo de aprendizagem.

Entretanto, no decorrer das atividades propostas, pôde ser constatado um maior envolvimento, pois os alunos buscavam, dentro de seu próprio corpo conceitual, explicações para aquilo que estava sendo estudado. E, quando estas explicações entravam em choque com o que é atualmente aceito pela Ciência, procuravam na pesquisa, na leitura de textos e nos trabalhos em grupo, superar estas lacunas alcançando, a partir daí, níveis mais levados de entendimento.

Do mesmo modo, a investigação aqui relatada permitiu que tivéssemos uma idéia mais clara das dificuldades dos alunos na compreensão dos conceitos de calor e temperatura. Como apontamos inicialmente, a resolução de certos problemas de Cálculo Diferencial e Integral, propostos a alunos de Engenharia Química, esbarra em dificuldades de entendimento de conceitos de outras áreas, especificamente Física e Química. Assim, entender dificuldades de alunos do ensino médio em Física ou Química é compreender que necessitamos desenvolver, também, novas estratégias de ensino para os estudantes de cursos superiores, notadamente aqueles que vão trabalhar mais de perto com conceitos dessas áreas, como os de Engenharia.

Não basta detectar erros em soluções de problemas que envolvem, por exemplo, derivadas ou integrais, mas entender, primeiramente, as dificuldades nos conceitos subjacentes. Dessa forma, estaremos mostrando a esses estudantes que os conhecimentos se inter-relacionam e que eles vão precisar ter uma visão menos compartimentada das Ciências, para que, em suas futuras atuações, se adaptem às rápidas mudanças em todas as áreas do conhecimento.

Referências

- ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. *A didática das ciências*. Campinas, Papirus, 2002.
- BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. São Paulo, Contraponto, 2001.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1979.
- BEN-DOV, Y. *Convite à Física*. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1996.
- CAPRA, F. *Sabedoria Incomum: conversas com pessoas notáveis*. São Paulo, Cultrix, 1988.
- CUBERO, R. *Como trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla, Díada, 2000.
- DRIVER, R. *Psicología Cognoscitiva y Esque-*

- mas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza da las Ciencias*, v.4, n.1, p.3-15, 1986.
- FEYNMAN, R. P. *Física em seis lições*. Rio de Janeiro, Ediouro, 1999.
- GIL-PÉREZ, D. *La metodología Científica y la Enseñanza de las Ciencias. Unas Relaciones Controvertidas*. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.2, p.111-121, 1986.
- HÜLSENDEGER, M. J. V. C. *Termodinâmica e Revolução Industrial: contribuições da História da Ciência ao ensino da Física*. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- JOHSUA, S.; DUPIN, J. J. *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF, 1999.
- MEIRIEU, P. *Aprender... sim, mas como?* Porto Alegre, Artes Médicas, 1998.
- MORAES, Roque. Análise de conteúdo. *Educação*, Porto Alegre, v.22, n.37, p.7-32, 1999.
- MOREIRA, M. A ; GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação*, v.9, n.2, p.301-315, 2003.
- POZO, J. I. ; CRESPO, M. A. G. C. A Solução de Problemas nas Ciências da Natureza. Em POZO, J. I. (Org). *A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre, Artmed, 1998. p.67-102.
- RUGARCIA, A. et al. The future engineering education I: a vision for a new century. *Chemical Engineering Education*, v. 34, n. 1, p.16-25, 2000.
- SCHEMBERG, M. *Pensando a Física*. São Paulo, Landy, 2001.