

Analizando uma Situação de Aula de Termologia com o Auxílio do Vídeo

Carlos Eduardo Laburú

*Depto. de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brazil,
laburu@npd.uel.br*

Dirceu da Silva

Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas, SP.

Ana Maria Pessoa de Carvalho

Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, SP.

Recebido em 22 de Julho, 1999

Este trabalho procura mostrar que na análise do processo de ensino-aprendizagem pode ser vantajoso o uso da técnica de vídeo-gravação. Como exemplo, nós descrevemos aqui uma situação vídeo-gravada em sala de aula onde o conceito de equilíbrio térmico estava sendo introduzido para estudantes do nível médio. A vídeo-gravação demonstrou ser uma técnica muito apropriada para a análise mais pormenorizada dos problemas que ocorrem durante a instrução, para compreender as dificuldades dos estudantes e as possíveis falhas cometidas pelo professor.

This work intends to show that the use of VCR in the classroom is an important tool to analyze the teaching-learning process. As an example, we describe here a video-recorded lecture for high school students about thermal equilibrium. The motion picture was used to analyze problems that occur during teaching, understand the student's difficulties and correct possible mistakes in teacher's practice.

I Introdução

Este trabalho pretende mostrar que é proveitosa a análise pedagógica de uma situação real de sala de aula quando se emprega o registro fílmico. A vídeo-gravação, como veremos, dá-nos a oportunidade de analisar criticamente a prática encaminhada pelo professor durante o ensino e, ao mesmo tempo, auxilia a examinar os obstáculos conceituais enfrentados pelos alunos durante a aprendizagem. Essa técnica de análise oferece ao professor uma apropriada avaliação da sua ação pedagógica, oferecendo, também, uma identificação conveniente dos problemas enfrentados pelos alunos, tais como: os conceitos que ficaram obtusos; os alunos que merecem um maior acompanhamento; a busca de estratégias para enfrentar tais problemas e a reavaliação da sua efetividade. Por outro lado, o vídeo possibilita ao professor fazer uma reavaliação da sua própria instrução, localizando falhas e sugerindo, a partir delas, possíveis mudanças no encaminhamento do seu ensino.

Para exemplificar o emprego do vídeo numa situação, escolhemos uma turma de alunos do nível médio estudando termologia e registramos as discussões pro-

movidas pelo professor quando, particularmente, o conceito de equilíbrio térmico estava sendo estudado. Tal registro foi posteriormente transcrito para análise e selecionamos, na seção II, partes ou trechos mais significativos dessa transcrição. Como constataremos a partir da transcrição¹, as dificuldades conceituais gerais dos alunos encontram-se já mencionadas em diversos trabalhos da área; certamente que conhecer previamente esses trabalhos auxilia muito numa rápida identificação dessas dificuldades.

Na seqüência, revisaremos resumidamente diversas pesquisas indicando que os conceitos científicos relacionados ao estudo da termologia são consideravelmente difíceis de serem aprendidos, pois há uma vasta presença de concepções alternativas firmemente estabelecidas nos alunos durante a instrução.

II As concepções dos alunos sobre calor e temperatura

Como é de senso comum entre os pesquisadores da área de educação científica, os conceitos de calor e tempera-

¹A transcrição da linguagem falada deixa de retratar toda uma linguagem expressiva cuja riqueza, por falta de espaço, não será mencionada.

tura apresentam concepções alternativas que dificultam o seu entendimento, tanto em alunos do nível médio (ver, por exemplo, Erickson, 1979, 1980; Tiberghien, 1983; Linn & Songer, 1991;) como universitários (Rozier & Viennot, 1991; Silveira e Moreira, 1990), e são observadas em várias culturas (Cafagne e Pacca, 1991), levando a conseqüentes implicações curriculares (Teixeira, 1993; Lewis & Linn, 1994; Silva, 1995).

Em linhas gerais, as pesquisas mostram que o conceito de calor é apropriado por crianças muito jovens e que por volta da idade de 8 a 9 anos já apresentam uma noção de “escala contínua de aquecimento (Erickson, 1985) em razão da suas vivências diárias com os objetos e com o meio social. Tiberghien (1983) observa que as noções de calor e temperatura permanecem indiferenciadas em sujeitos de idade escolar que varia de 10 a 16 anos. No caso da noção de calor (ou frio), este é geralmente conceitualizado como uma substância, como se fosse um fluido que passa de um corpo a outro² (Brook et al., 1984; Erickson, 1985; Castro, 1993), caracterizando-se, muitas vezes, com propriedades extensivas³. Porém, em outras situações, o calor é concebido com propriedades intensivas, semelhantes, por exemplo, às propriedades relacionadas com a temperatura (Duit & Kesidou, 1990). Por outro lado, a temperatura pode apresentar propriedades extensivas como no caso de dois blocos de gelo retirados do congelador. O maior deles teria uma temperatura maior, pois demoraria mais tempo para derreter (Silva, 1995). Nessa mesma direção, vemos em Stavy & Berkovitz (1980) que há estudantes que avaliam a temperatura da mistura de duas quantidades iguais de água, à mesma temperatura, como sendo a soma das temperaturas individuais⁴. No que se refere à temperatura e sua relação com o calor, na maioria das vezes ela é simplesmente conceitualizada como uma quantificação deste último, isto é, a temperatura mede a quantidade de calor em um corpo (Laburú & Carvalho, 1995, p. 251), respeitando uma relação de causa-efeito: a temperatura é o efeito da transferência de calor (Duit e Kesidou, 1990). Em Driver (1985) se reconhece, em alunos de 13 anos, respostas que associam as propriedades macroscópicas às partículas constituintes da matéria, podendo estas se fundirem, dilatarem, etc..

Nas respostas dos estudantes, consegue-se identificar idéias próximas das científicas como, por exemplo,

²Em Silva (1995, p.55) pode-se sucintamente ver que o conceito de calor e temperatura foi arduamente desenvolvido pela civilização e que a idéia de conceber o calor e o frio como substâncias persistia nas teorias físicas até o século XVIII (Silva 1995, p.59). Em Castro (1993) verificamos, particularmente, a importância dada à consideração da História e, em particular, dessas idéias substancialistas na contribuição para a melhoria de um curso de física do nível médio.

³Propriedade extensiva é aquela que é proporcional à massa do sistema. São exemplos, o volume e a energia total de um sistema. Propriedades intensivas, que não dependem da massa do sistema, seriam, por exemplo, a temperatura, a pressão e a densidade (Sears e Salinger 1978, p.4).

⁴O caso inverso também é observado, ou seja, ao se dividir pela metade uma certa quantidade de água, a uma determinada temperatura, há estudantes que avaliam a temperatura das partes como sendo a metade da temperatura inicial da mistura.

⁵O sistema estudado consistia numa quantidade de água dentro de uma lata submetida a aquecimento por uma fonte de calor de baixa potência. A temperatura da água se estabilizava num determinado instante do aquecimento, abaixo da temperatura de mudança de estado.

⁶Nossa observação.

que a quantidade de calor necessária para aquecer ou resfriar um objeto depende do tamanho (quando relacionado com a massa) ou do tipo de material de que este é feito. No entanto, os estudantes não acreditam, necessariamente, que objetos em contato térmico tendam a um equilíbrio térmico, de tal forma que haja uma igualdade nas suas temperaturas, pois eles estão acostumados a sentir, pelo tato, que os metais são mais frios do que, por exemplo, um pedaço de madeira na temperatura ambiente (Tiberghien, 1985). Arnold e Millar (1994) verificam não haver diferenças óbvias nas respostas de adultos e estudantes, ao analisarem os conceitos de calor e transferência de calor de um sistema térmico simples submetido a aquecimento⁵. Os autores identificaram que o exame das respostas desses sujeitos mostram significativas discrepâncias na linguagem e no tratamento dado quando comparados aos conceitos da teoria científica. Entre outras dificuldades destacamos a relacionada com a frequente desconsideração ou insuficiente clareza do meio ambiente, da vizinhança, ou melhor, da delimitação do sistema (muitas vezes o ar) que se está estudando, nas explicações dos entrevistados. Para esses autores tal ponto é fundamentalmente significativo, pois o conceito de equilíbrio térmico deixa de ser invocado (*ou é mal entendido*)⁶ nas explicações dos estudantes, devido à despreocupação com essa consideração. Arnold e Millar (ibid.) comentam que a interpretação científica do conceito de equilíbrio térmico não abrange somente a compreensão do porquê se dá a transferência de calor, daquilo que, especificamente, está sendo transferido, e que o equilíbrio é uma situação de balanço entre ganho e perda de calor envolvido, mas precisa abranger, concomitantemente, a explícita consideração dos limites do sistema.

III A situação de filmagem

A vídeo-gravação foi obtida por meio da filmagem direta de uma aula (50 min) onde estavam presentes no dia, 25 alunos. O filme foi posteriormente transcrito para análise. Abaixo, encontram-se selecionados somente os discursos daqueles alunos que se expressaram e que foram mais representativos para a nossa demonstração. Os alunos faziam parte do curso noturno do segundo ano do nível médio e pertenciam a uma escola pública da cidade de São Paulo.

A aula filmada fazia parte de um curso de calor e temperatura, em que os alunos já haviam estudado os conceitos de calor, de temperatura e de equilíbrio térmico. É necessário que se destaque que a análise baseada na técnica de observação de filmagens de sala de aula, aqui descrita, só se torna factível na medida em que o professor procura levantar e respeitar as idéias dos alunos, procurando pô-las em discussão e incentivando o debate. Logo, essa análise é prejudicada ou mesmo impraticável, do ponto de vista dos alunos, dentro de uma proposta pedagógica centralizada unicamente na transmissão verbal.

IV A análise

No discurso abaixo (A1) representa a fala de um particular aluno(a) quando diretamente questionado pelo professor (P). As falas encontram-se numa sequência cronológica de aparição, de diversos instantes selecionados da aula (da metade para o término da aula), em que o processo de ensino ocorria naturalmente. Entre parênteses estão localizados comentários do observador, para melhor compreensão do que se quer expressar nas falas.

As condições da instrução eram as seguintes: o professor, num determinado instante, começa a questionar os alunos sobre o conceito de equilíbrio térmico apresentado numa aula anterior, objetivando realizar uma revisão desse conceito. Para isso, propõe o exemplo do ambiente da sala de aula, imaginando que os seus alunos imediatamente atestariam que esse ambiente tipifica uma situação de equilíbrio térmico, pois o ar e os objetos ordinários aí presentes encontram-se à mesma temperatura e estando algum corpo a uma temperatura distinta daquela do ambiente, seria natural (pelo menos do ponto de vista científico) que a troca de calor desse corpo com o ambiente ocorresse até que houvesse a igualdade de temperaturas. Porém, o que o professor percebe é que muitos alunos (aqueles que se expressaram) não pensam dessa forma. Esses alunos afirmam e verificam a existência de objetos que apresentam e permanecem aparentemente com diferentes temperaturas no ambiente da sala de aula, como, por exemplo, a parte metálica da cadeira é sentida por eles como estando mais fria do que a de madeira, etc. (conforme a seguir). Vejamos que razões dão os alunos para justificarem porque acham que os objetos podem permanecer em temperaturas distintas:

P “A pergunta que eu fiz foi a seguinte: se tudo nessa sala está à mesma temperatura, ou não? Se tudo nessa sala está à mesma temperatura, o ambiente, o ar, cadeira, o ferro, tudo? Tem algumas temperaturas diferentes?”

ALUNOS “Tem”.

P “Se existe temperaturas diferentes, quer dizer, se este está mais quente (caneta) outro mais

frio, o ferro tá mais frio, a cadeira está mais quente. Por que não igualou então a temperatura se existe equilíbrio térmico?”

A2 “Depende de cada matéria” (justificativa dada para a madeira e o ferro da cadeira serem sentidos com temperaturas aparentemente diferentes).

A4 “Eu acho que depende muito de cada objeto de absorver o calor. Então, a temperatura é a mesma, mas depende da matéria prima, entendeu?”

A7 “Uma (material) absorve mais calor do que a outra (material)”.

A2 “Vamos supor uma lâmpada. A calor lá em cima (na lâmpada) tá enorme, aqui em baixo é uma temperatura lá em cima é outra. Se você chegar lá perto da lâmpada, vai notar que está mais quente do que aqui em baixo”.

P “Você concorda comigo que dentro da lâmpada tem uma fonte de calor! É claro que se eu pegar uma resistência de um aquecedor e ligar na parede ele vai ficar muito mais quente, porque tem uma fonte.

A1 “Ela (a lâmpada acesa da sala) está no ambiente só que numa temperatura diferente, então a temperatura (da lâmpada) não é igual à ambiente”.

P “Esse exemplo que você pegou é um bom exemplo pra contrapor; só que tem uma diferença, tem fonte de calor lá dentro com uma resistência. Imagina a mesma lâmpada apagada”.

A1 “Ele (a resistência) vai tá na temperatura ambiente, com certeza”.

A3 “Porque não está mantendo contato” (entre os materiais).

A4 “Só que tem uma coisa. Se você medir no seu corpo, se você medir a temperatura da tua boca, vai dar uma, se você medir (faz gestos como se estivesse medindo debaixo do braço) vai dar outra”.

A4 “Tudo bem, eu tô dando um exemplo pra você. No seu corpo você encontra temperaturas diferentes; no seu corpo, mas no ambiente eu acho que encontra ... Mas, você encontra, então no meio ambiente vai ter coisas diferentes (a diferentes temperaturas)”.

A4 “Igual numa geladeira. Por exemplo, no congelador. A geladeira em geral tá na mesma temperatura, mas se você colocar um termômetro no congelador vai dar uma temperatura diferente”.

Conforme as pesquisas citadas, vemos que os estudantes exibem várias motivos para que não haja equilíbrio térmico: a temperatura de um objeto depende do tipo de material do qual é feito; os objetos não mantêm contato aparente; há objetos, como lâmpadas acesas, pessoas, geladeiras, que apresentam sempre uma temperatura maior ou menor do que os

objetos ao seu redor, ou mesmo, podem ter variadas temperaturas em locais distintos de suas próprias partes. A primeira explicação pode ser interpretada como se os corpos fossem capazes de, dependendo do tipo de material, “possuir” maior ou menor calor, correspondendo, dessa forma, a uma maior ou menor temperatura. A segunda explicação pode ser compreendida na medida em que certos alunos consideraram a impossibilidade de perda ou ganho de calor (ou temperatura) quando não há contato físico evidente entre os corpos. A terceira explicação é compreensível, a partir do momento em que não se diferencia entre fontes produtoras de calor e os outros corpos inertes.

A primeira argumentação dos alunos pode ser revista à luz da teoria da condutividade térmica dos materiais e que, portanto, dá conta da errônea sensação de haver diferentes temperaturas entre os objetos metálicos e os não metálicos, quando à mesma temperatura. A segunda posição é contrariada no momento em que se considera as várias formas de troca de calor: condução, convecção e radiação. Quanto à terceira argumentação, pode-se simplesmente afirmar (como tentou advertir um tanto tardiamente o professor entre as falas dos alunos) que, por definição, fontes de calor não devem estar presentes em sistemas que tendam ao equilíbrio térmico. No entanto, tal argumento deveria estar associado à preocupação em explicitar qual sistema⁷ que está sendo considerado. Assim, quando se afirma que os objetos de uma sala estão à mesma temperatura deve-se caracterizar que as fontes de calor, como as lâmpadas acesas, os corpos das pessoas, etc., encontram-se fora desses limites. Essa é uma preocupação que deixou de ser considerada durante a aula do professor e que deve estar provavelmente subentendida para ele, mas não para os alunos, ao transferir a aplicação da idéia de equilíbrio térmico para o ambiente da sala de aula.

Agora, se desviarmos o eixo da análise para o procedimento do professor, ressaltamos que o exemplo do ambiente da sala, na forma como foi considerado, é um fator complicador para o entendimento do conceito de equilíbrio térmico e que, em parte, fomentou as concepções dos alunos. No nível elementar de exigência do ensino médio, ou mesmo quando se consideram os livros didáticos mais avançados (por exemplo, Nussenzweig, (1992); Sears e Salinger, (1978)), a introdução do conceito de equilíbrio térmico é auxiliada por condições específicas dos sistemas termicamente isolados - adiabáticos - objetivando, com isso, reduzir o nível de problematização e, conseqüentemente, facilitar a compreensão do referido conceito. Ou seja, o estado de equilíbrio térmico é descrito como sendo aquele

em que um sistema arbitrário, isolado, abandonado a si mesmo, em que existam, inicialmente, diferenças de temperatura, alcança o equilíbrio térmico quando, depois de um certo tempo suficientemente longo, todos os seus pontos apresentam a mesma temperatura (Sears e Salinger 1978, p.6, 18); logo, a condição de sistema isolado (ver também, Nussenzweig 1992, p.256) é uma das idealizações simplificadoras que auxiliam a elaboração do conceito.

Desse modo, entendemos que o professor ao tomar o ar e os objetos em geral da sala de aula como um exemplo de um estado de equilíbrio térmico, deveria explicitamente procurar delimitar uma região da sala - o sistema - como sendo praticamente isolado, pois as fontes de calor, como as citadas pelos alunos (ou mesmo o ambiente externo à sala), encontram-se suficientemente afastadas dos limites do sistema ou são consideravelmente fracas para provocarem um gradiente de temperatura em pontos do sistema ou, ainda, alterarem, significativamente, a temperatura destes últimos num intervalo curto de tempo⁸. No fundo, essa é a razão de se obter empiricamente a constatação momentânea da isotermia de corpos como o ar, as cadeiras, as paredes, etc., com um termômetro.

Lembremos que, evidentemente, é possível considerar regiões da sala de aula com características de sistema isolado submetendo-se a transformações quase-estáticas⁹. O caso da garrafa térmica e dos calorímetros, cujas paredes são consideradas adiabáticas, é uma situação real em que um sistema está sujeito a isolamento térmico aproximadamente ideal. Porém, como qualquer um pode verificar de fato, num intervalo de tempo conveniente, o sistema interno à garrafa é afetado pelo ambiente. Logo, como o professor poderia ter procurado explicar para os seus alunos, paredes adiabáticas são idealizações e o que se obtém, na melhor das hipóteses, na prática, são condições de aproximação quase-estáticas de transferência de energia. Além dessa condição quase-estática podemos pensar em regiões da sala como estando em equilíbrio dinâmico de troca de energia, onde o fluxo líquido deste último é nulo. Ou seja, apesar da presença das fontes de calor, um sistema pode ter um equilíbrio entre ganho e perda de calor de tal forma que a sua temperatura fique inalterável. Como coloca Nussenzweig, (1992, p.254): “o fato de que as variáveis macroscópicas características do sistema permaneçam constantes no equilíbrio não significa que as condições sejam estáticas do ponto de vista microscópico. Neste nível encontramos flutuações das grandezas macroscópicas em torno de seus valores médios”. Por conseguinte, mesmo na hipótese de ca-

⁷ Em termodinâmica, uma certa porção do universo incluída dentro de uma superfície fechada é chamada de sistema. A porção do universo externa a essa superfície é denominada de ambiente (Sears e Salinger 1978, p.3).

⁸ Caso a fonte (ou refrigerador) seja o meio ambiente externo a sala, as paredes funcionariam como se fossem isolantes térmicos.

⁹ Quando as propriedades de um sistema mudam, o estado do sistema se modifica e se diz que experimenta um processo de transformação. Se o processo se realiza de tal modo que em cada instante o sistema difere somente infinitesimalmente do estado de equilíbrio, o processo se denomina de quase-estático.

lorímetros ideais, a situação mais realista para os corpos em seu interior seria imaginá-los como se estivessem submetidos a um processo dinâmico em que o intercâmbio líquido de calor para cada corpo fosse nulo.

Por tudo isso, como se viu, a colocação do exemplo selecionado pelo professor envolve um nível de dificuldade elevado, pois deve tomar como base o exame de circunstâncias complicadoras, que os exemplos escolares idealizados evitam. Contudo, esta crítica deve ser entendida menos no sentido de descartar o exemplo colocado e mais na adequação do instante e das circunstâncias em que deve ser tratado tal exemplo. Um procedimento pedagógico mais apropriado que sugeriríamos, seria que tal discussão fosse realizada após um estudo mais pormenorizado dos problemas escolares tradicionais mais simples, o que não foi feito, e que se desse a adequada advertência aos alunos do aumento da complexidade quando há um afastamento desses problemas, assim como, das situações idealizadas e aproximações necessárias a fim de tratar problemas mais complicados¹⁰.

V Conclusões

Esse trabalho fez ver que o registro “in loco” da sala de aula, onde o processo de ensino-aprendizagem está naturalmente ocorrendo, é uma técnica possível e válida para a análise das falhas ocorridas do ensino e das dificuldades com a aprendizagem dos alunos.

O conceito de equilíbrio térmico, como os conceitos de calor e temperatura, são alguns dos conceitos de física de difícil entendimento pelos alunos os quais já carregam para a sala de aula concepções que se confrontam com as concepções científicas que se quer ensinar, como demonstram as pesquisas. Dessa forma, uma análise baseada na técnica de vídeo-gravação é um dos instrumentos importantes do qual se pode valer o professor para tentar melhorar a sua aula. Certamente, que uma análise desse tipo não caberia para todo o curso, em função das óbvias dificuldades de tempo para a análise, de quem filmar, entre outras. Mas, dispondo-se dos recursos materiais necessários para tal empreendimento, vale a pena, em termos pedagógicos, o recurso do filme, nem que seja para instantes determinados da aula ou do curso. Isto é, pode-se sugerir que a filmagem se centralize em momentos do curso onde os conceitos mais problemáticos de se ensinar e aprender, se apresentem. Certamente, é preciso lembrar que a bibliografia das pesquisas em ensino-aprendizagem é uma referência fundamental para a identificação dos momentos principais que devem ser filmados e, portanto, do cuidado especial do professor com a aprendizagem de certos conceitos centrais que envolvam um nível de dificuldade maior de entendimento de seus alunos. Acreditamos, ainda, que uma análise desse tipo, quando enca-

minhada junto aos alunos, poderia ser fator de estímulo e de efetiva aprendizagem dos mesmos, pois os aprendizes estariam avaliando a si mesmos e a seus pares e, desse forma, inseridos e sendo co-responsáveis pelo processo de ensino-aprendizagem.

A análise de vídeo, que aqui exemplificamos, é prejudicada pelo recorte feito, mas o professor que está a par do contexto e da história dos seus alunos e da(s) aula(s), pode ter um conhecimento melhor de causa do que a que realizamos nas linhas anteriores.

Deixamos, portanto, a técnica de vídeo e as sugestões anteriores como contribuição à prática docente, tendo sempre como objetivo contribuir para a melhora substancial do processo de ensino-aprendizagem.

References

- [1] ARNOLD, M. & MILLAR, R. “Children’s and lay adults’ view about thermal equilibrium”. *Int. J. Sci. Educ.* v16, (4), 405 (1994).
- [2] BROOK, A., BRIGGS, H., BELL, B. & DRIVER, R. (1984). *Aspects of secondary students’ understanding of heat: Summary Reports.* CLIS Project. University of Leeds.
- [3] CAFGNE, A. & PACCA, J. L. A. (1991). As concepções de termodinâmica dos alunos do magistério. *Atas do IX Simpósio Nacional de Ensino de Física.* São Carlos, 471-475.
- [4] CASTRO, R. S. (1993). *História e epistemologia da ciência: investigando suas contribuições num curso de física de segundo grau.* São Paulo, Dissertação de Mestrado. IFUSP/FEUSP.
- [5] DRIVER, R. (1985). *The pupil as scientist?* London, Milton Keynes. Open University Press.
- [6] DUIT, R. & KESIDOU, S. (1990). Students’ conceptions of basic ideas of the second law of thermodynamics. Paper presented at the Annual NARST Meeting in Atlanta.
- [7] ERICKSON, G.L.(1979). Children’s conception of heat and temperature. *Science Education.* NY, 63: 221-230.
- [8] ERICKSON, G.L.(1980). Children’s view point of heat: a second look. *Science Education.* N.Y. 64: 323-338.
- [9] ERICKSON, G.L.(1985). Heat and temperature: Part A. An overview of pupils’ ideas. In: *R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien. Children’s ideas in Science.* Milton Keynes, Open University Press.
- [10] KUHN, T.S. (1977). A função da medida na ciência física. *A Tensão Essencial.* Biblioteca de Filosofia Contemporânea Edições 70. Lisboa, Portugal, p.420.
- [11] LABURÚ, C. E. & CARVALHO, A.M.P. “Uma descrição da forma do pensamento dos alunos em sala de aula”. *Rev. Bras. de Ensino de Física,* 17, 3, 243 (1995).
- [12] LEWIS, W. L. & LINN, M. C. Heat and temperature concepts of adolescents, adults and experts: implications for curricular improvement. *Journal of Research in Science Teaching,* 31, 657 (1994).

¹⁰ Em Matthews (1995, p.179) e Kuhn (1977) encontramos interessantes discussões sobre o papel da idealização na ciência.

- [13] LINN, C. M. & SONGER, N. B. Teaching thermodynamics to middle school students: what are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, **28**(10), 885 (1991).
- [14] MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*, **12**(3), 164 (1995).
- [15] NUSSENZVEIG, H. M. (1992). *Curso de física básica. 2 fluidos, oscilações e ondas, calor*. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda., 502 p.
- [16] POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. and GERTZOG, W.A. Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Sci. Educ.*, New York **66**(2): 221 (1982).
- [17] ROZIER, S. & VIENNOT, L. . Students' reasoning in thermodynamics. *Int. J. Sci. Educ.*, **13**(2), 159 (1991).
- [18] SEARS, F.W. & SALINGER, G.L. (1978). *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*. España. Editorial Reverté, S.A, segunda edición, 522p.
- [19] SILVA, D. (1995). *Estudo das trajetórias cognitivas dos alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura*. São Paulo/ Tese de Doutorado. FEUSP.
- [20] SILVEIRA, F.L., MOREIRA, M.A. & AXT, R. (1990). Um teste para detectar concepções sobre calor e temperatura. Comunicação apresentada no III Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 6 e 7 de julho de 1990, Porto Alegre, Brazil.
- [21] STAVY, R. & BERKOVITZ, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, **64**(5), 679 (1980).
- [22] TEIXEIRA, O.P. B.(1992). *Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura: a mudança conceitual e o ensino construtivista*. São Paulo/Tese de doutorado. FEUSP.
- [23] TIBERGHIEEN, A. (1983). Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of heat and temperature have for students aged 10-16 years. In: *Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop 26 June-13 July 1983* (pp. 75-90). La Londe les Maures, France, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- [24] TIBERGHIEEN, A. (1985). Heat and temperature: Part B: The development of ideas with teaching. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Open University Press.