

O ensino de termodinâmica no ensino médio: a elaboração de uma aula de experimentação e vídeos para entendimento do conceito de entropia

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

The teaching of thermodynamics in high school: the elaboration of an experimentation class and videos for the understanding of the concept of entropy

Beatriz S. C. Cortela¹, João Otávio Biazoti Sanson²

¹Dep. Educação, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 - CEP 17033-360 - Bauru, SP, Brasil.

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências/Graduando Dep. Física, Bauru-SP, Brasil.

E-mail: beatriz.cortela@unesp.com.br

Resumo

Este trabalho é um recorte do Trabalho de Conclusão de Curso de licenciatura em Física, em que foi realizada uma sequência didática abordando conceitos de Termodinâmica utilizando as abordagens metodológicas HFC, CTSA e experimentação, aplicadas no 2º ano do ensino médio de uma escola pública no estado de São Paulo. Neste trabalho relata-se a experiência do último encontro, cujas abordagens foram a experimentação e recurso audiovisuais para contextualização da Física com o cotidiano dos alunos. Foi possível notar que as metodologias de aula utilizadas contribuíram de forma positiva e criaram um ambiente propício para a participação dos alunos mudando, de forma considerável, o comportamento e a colaboração deles em sala de aula.

Palavras-chave: Termodinâmica; Ensino Médio; Entropia; Experimentação; Vídeos.

Abstract

This work is a clipping of the Undergraduating Thesis to obtain the degree in Physics, in which a didactic sequence was carried out addressing Thermodynamics concepts using the History and Philosophy of Science, Science, Technology, Society and Environment and experimentation approaches applied in the second year of high school in a public school in the state of Sao Paulo. This paper reports on the experience of the last class, whose approaches were the experimentation and audiovisual resource for the contextualization of physics with the students' daily life. It was possible to notice that the methodologies used in the class contributed positively and created a friendly way to encourage students' participation, changing considerably the behavior and the students' collaboration of them in the classroom.

Keywords: Thermodynamics; High school; Entropy; Experimentation; Videos.

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho é um recorte do Trabalho de Conclusão de Curso de licenciatura em Física da UNESP de Bauru, pensado a partir das vivências da disciplina de Estágio Supervisionado I: a Realidade Escolar. Visa apresentar um relato de experiência, desenvolvido a partir de uma sequência didática de quatro aulas de 100 minutos, aplicada a alunos de 2º ano do ensino médio diurno de uma escola pública. A sequência teve como tema central o ensino de tópicos da Termodinâmica e para o recorte aqui apresentado, foi escolhida uma das aulas, onde foi abordado o conceito de ‘entropia’ relacionando com processos irreversíveis e degradação de energia.

Ao final da sequência didática foi aplicado questionário *online*, por meio da plataforma Google, que contou com questões fechadas, avaliando o professor, as aulas e uma autoavaliação. Verificando as respostas notou-se que a aula 4 teve maior aceitação dos alunos, bem como foi percebido que houve maior interação durante as discussões. Por esta razão, essa foi escolhida para ser apresentada neste trabalho.

Esta aula 4 foi planejada a fim de aproximar os conceitos da Termodinâmica com o cotidiano dos alu-

nos. Para tanto foram empregadas abordagens didáticas sugeridas em documentos oficiais, tais como a experimentação e uso de recursos audiovisuais apresentando situações conhecidas, porém observadas somente no âmbito do senso comum, tornando possível também a observação desses eventos com um olhar científico.

A partir de estudos realizados nos documentos oficiais no que diz respeito ao ensino de Física (Brasil, 2006; São Paulo, 2012) ficou evidente que o objetivo dessa disciplina é bem maior que apenas o ensino de um conjunto de fórmulas ou valores expressos de forma exata.

...a Física deve buscar no ensino médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita. Não apenas de forma pragmática, como aplicação imediata, mas expandindo a compreensão do mundo, a fim de propor novas questões e, talvez, encontrar soluções. Ao se ensinar física devem-se estimular as perguntas e não somente dar respostas a situações idealizadas. (Brasil, 2006, p. 53)

O currículo do Estado de São Paulo (São Paulo, 2012) traz que é preciso contextualizar o que é apresentado nas aulas de Física buscando dar significado no ensino. Para tanto é necessário que os educadores tenham consciência da necessidade de aproximar a teoria à vida cotidiana dos alunos. “*A Física ensinada na escola deve ser pensada como um elemento básico para a compreensão e a ação no mundo contemporâneo e para a satisfação cultural do cidadão de hoje.*” (São Paulo, 2012, p. 96).

Por outro lado, de acordo com Rocha (2012), mesmo com orientações significativas no processo de ensino, ainda não foram sanados vários equívocos no ensino de Física, como por exemplo, a caracterização dessa disciplina como mera memorização do formalismo matemático. Este apontamento vai ao encontro do que foi observado durante o Estágio Supervisionado, em sala de aula. Foram assistidas 22 horas/aula de Física e estas se resumiam em resolução de exercícios que necessitavam de aplicações diretas de fórmulas matemáticas, sem se preocupar em atender as orientações básicas do ensino de Física descritas pelos documentos nacionais e estaduais. Trata-se de uma forma de ensino tradicional e baseada na racionalidade técnica.

É possível verificar certo antagonismo entre a prática dos professores e que sugerem os documentos oficiais do Estado. O currículo do Estado de São Paulo (2012), no caderno de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, descreve no tópico de metodologia de ensino-aprendizagem de conteúdos básicos que, para dar mais significado ao que se ensina, é importante uma perspectiva de construção histórica para ampliar o sentido dos conteúdos e estabelecer conexões entre a Física e desafios da sociedade moderna.

A justificativa se dá na promoção de um ensino que buscará romper com a estrutura tradicional onde o professor é o detentor de todo conhecimento, assim como foi observado durante o estágio supervisionado, que mostrou que somado ao processo meramente mnemônico de ensino, a utilização de quadro e giz se fazem presentes na prática docente e, raramente, se observam situações onde o professor se utiliza de outros recursos de ensino, assim como mencionado por Bonfim e Reis (2015) quando relatam que a Física escolar tradicional desconsidera conceitos e se baseia num modelo exclusivamente matemático.

II. DESENVOLVIMENTO

Inicialmente B. Cortela presenciou algumas aulas ministradas pelo professor titular da turma que participaria das aulas de Termodinâmica, presente neste trabalho. O objetivo era conhecer os alunos para entender qual era a melhor forma de abordar os conteúdos pretendidos. Também foram realizadas reuniões com o professor titular que ministrava as aulas de Física para extrair informações relevantes para elaboração das aulas.

A aula que será apresentada foi uma adaptação de uma experimentação presente no trabalho de Souza e outros (2013) e vídeos de situações cotidianas presentes no trabalho de Rodrigues e Vianna (2013).

Schiavon e outros (2015), Galindo e Gomes (2015) discorrem sobre a utilização de experimentação em sala de aula. Segundo os autores quando se trabalha com esse tipo de abordagem deve-se tomar o cuidado para que esta atividade não seja apenas interpretada como um momento de descontração. Esta tratativa deve ser planejada e com objetivos bem definidos. Quando bem elaborado, o experimento instiga o caráter investigativo dos alunos, promove a evolução da linguagem científica através do relato de suas observações, busca explicações para erros que possam ocorrer durante a execução das atividades e o aluno trabalha como protagonista no processo de ensino.

O movimento que explora as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) colabora para que haja uma ligação entre os conceitos científicos e o cotidiano do aluno, possibilitando atrelar a teoria ao exercício da cidadania. Os educandos se envolvem com o conteúdo devido à capacidade de contextualizar teorias com situações rotineiras. Isso foi evidenciado nos trabalhos de Carvalhoe outros (2015) e Assis e Dickman (2015).

Para avaliar os alunos foram utilizados instrumentos e critérios dentro de uma perspectiva formativa, pois, de acordo com Silva Filho e outros (2012), a avaliação somativa (tradicional) tem aspecto autoritário e conservador, sem poder de transformação, gerando opressão e impedimento de crescimento do educando. A avaliação formativa, por sua vez, conforme descrito por Nascimento e Souza (2013), permite identificar os rumos a serem corrigidos propiciando, assim, a aprendizagem. Sua função também é informativa, norteadora, pois mostra o andamento do processo de ensino/aprendizagem revelando os conhecimentos compreendidos pelos alunos e aqueles que ainda necessitam de uma atenção especial. A detecção dos tópicos que ainda não foram compreendidos dá ao professor subsídios necessários para intervenções em suas formas de ensinar aumentando, assim, os saberes dos alunos.

Para contemplar esta forma de avaliar, foram aplicadas questões que abordavam o conceito de irreversibilidade, degradação de energia e entropia, relacionando as atividades de sala de aula e pedindo para que os alunos apresentassem exemplos de seu cotidiano para verificar se tinham compreendido o que fora proposto.

A aula foi ministrada em uma turma de segundo ano de Ensino Médio público do estado de São Paulo, do período matutino, em um total de 100 minutos e contou com a participação de 30 alunos. Esta escola, mesmo sendo pública, possui sistema de seleção para o ingresso dos alunos.

Na sequência será apresentada a aula de forma mais detalhada.

A. Aula 4. Utilização de experimentação e recursos audiovisuais para abordagem do tema entropia

No início da aula, o Autor 1 apresenta aos alunos o que será estudado em aula e quais serão os objetivos. Para abordagem do conceito de entropia, adotou-se a sequência de explicar o termo irreversibilidade, o significado físico de entropia e degradação de energia.

De forma dialogada perguntou-se aos alunos o que eles compreendiam como irreversível e, posteriormente às respostas e discussões, foram apresentados alguns vídeos que demonstravam processos irreversíveis que estavam presentes no dia-a-dia. Como por exemplo, pode-se verificar a Figura 01, que demonstra um ovo sendo frito. O vídeo mostra o processo que ocorre quando se fritar um ovo e na sequência roda-se o vídeo de trás para frente e os alunos foram questionados sobre a possibilidade de ocorrência desse processo.



FIGURA 1. Ovo fritando (<http://youtu.be/aWX1-awJ56c>).

O mesmo é feito apresentando um cubo de gelo derretendo sobre um recipiente metálico. Da mesma forma pergunta-se se é possível realizar o processo inverso, ou seja, reverter o processo de derretimento do gelo.



FIGURA 2. Gelo derretendo (<http://youtu.be/aWX1-awJ56c>).

Na seqüência, iniciaram-se as explicações sobre o conceito de entropia, procurando deixar claro no que consiste o termo “desordem”, muito utilizado para definir esta grandeza na Termodinâmica. Foram utilizados vídeos para demonstrar aos alunos o que pode ser entendido como conceito de “desordem”. O primeiro vídeo trata de um aglomerado de café solúvel que vai se dissolvendo na água, passando de um estado onde as partículas estão mais “organizadas” para um segundo estado, onde ficam dispersas ou “desorganizadas”. Inicialmente este vídeo ocorre no sentido inverso para que os alunos notem que não é a tendência natural daquele sistema.

Em seguida utiliza-se o vídeo do desodorante sendo espirrado, que também possui o sentido direto e o sentido reverso da imagem. Pergunta-se aos alunos como eles identificaram qual dos dois vídeos estava ocorrendo no sentido correto. Aqui se esperava respostas ligadas a organização do líquido na saída e espalhamento, quanto mais distante estivesse do bico. Inicialmente gerou certa confusão, pois os alunos haviam visto o vídeo apenas no sentido inverso. Porém, logo em seguida, afirmaram que as partículas do pó de café deveriam ficar mais dispersas no líquido e que o desodorante, quando espirrado, saia mais fino (organizado) próximo ao bico e depois se espalhava.



FIGURA 3. Café dissolvendo-se (<http://youtu.be/aWX1-awJ56c>).



FIGURA 4. Gotículas de desodorante dispersando-se (<http://youtu.be/aWX1-awJ56c>).

Por fim, para complementar a interpretação entre a irreversibilidade e a entropia de um sistema, utilizou-se do experimento da garrafa e bolas de gude. Esta atividade consistia em colocar 10 bolas de gude em uma garrafa ligada a um tubo. Havia 05 bolas da cor azul, simulando as moléculas de um gás e outras 05 verdes representando espaços vazios, conforme pode ser visto na Figura 05. Na primeira situação as bolas azuis são dispostas juntas conforme representado em B na Figura 05. Esta situação representa um estado “organizado” onde as moléculas estão próximas umas das outras. Aqui se pode pensar em um momento parecido com o observado no início do vídeo do café. Logo depois, as bolinhas são retornadas para a garrafa, misturadas de forma aleatória simulando o passar do tempo e novamente voltadas para o tubo, conforme representado em C.



FIGURA 5. Experimento de entropia. **Fonte:** Adaptado de SOUZA e outros (2013).

Verificou-se que as bolinhas ficam dispostas de forma aleatória, representando um estado menos organizado. Repetiu-se este procedimento mais algumas vezes, deixando claro aos alunos sobre a dificuldade de as bolas voltarem ao estado inicial B. Assim finalizou-se esta etapa explicando que a entropia é uma grandeza física que está intimamente ligada à irreversibilidade do sistema e que as moléculas tendiam sempre a um estado mais “desorganizado”, ou seja, mais dispersas umas das outras.

Outro ponto importante foi explicar aos alunos que naquele experimento havia apenas 05 moléculas e a probabilidade de reversão era muito pequena. Portanto, para um sistema real onde se possui quantidades de moléculas em proporções muito maiores, podia-se definir como um processo irreversível.

Na última etapa da aula, voltou-se para a apresentação do vídeo para explicações sobre degradação da energia. No caso foi utilizado o vídeo de uma bola sendo solta e ‘quicando’, cada vez que a bola tocava o chão, a altura que ela retornava era menor que a anterior, demonstrando assim que parte de sua energia era degradada em outra forma de energia. Feito isto se explicou que a entropia indicava o grau de irreversibilidade de um processo e consequentemente quanto de energia não poderia ser convertida em trabalho devido essa irreversibilidade, o que poderia ser chamado de degradação da energia.



FIGURA 6. Degradação de energia – bola quicando (<http://youtu.be/aWX1-awJ56c>).

Para avaliar os alunos foram aplicadas três questões, para serem resolvidas em trios, conforme pode ser visto abaixo:

1. O que é um processo irreversível? Dê um exemplo diferente daqueles que foram apresentados em sala de aula (ovo sendo frito, gelo derretendo).
2. Na cena da bola ‘quicando’, percebeu-se que a mesma não retorna na mesma altura que foi lançada e diminui sua altura a cada quicada. Como você explica essa diminuição na altura?
3. Explique o conceito de entropia. Pode-se utilizar de exemplos que trabalhamos na sala de aula para exemplificar.

Durante a aula foi notável a participação dos alunos expondo suas opiniões sobre os questionamentos que eram feitos pelo Autor 1. O bom resultado também foi verificado nas respostas que os alunos apresentaram nas três questões propostas como atividade avaliativa.

Na primeira questão os alunos descreveram um processo irreversível como sendo um processo que uma vez ocorrido não retornaria de forma espontânea ao seu estado inicial e completou com um exemplo adequado. Alguns exemplos foram milho de pipoca estourado, uma massa de bolo assada e papel queimado. Por outro lado, uma minoria apresentou exemplos equivocados de um processo irreversível.

A terceira questão também apresentou resultado satisfatório, uma vez que os alunos definiram como uma medida do grau de irreversibilidade de um sistema ou “desordem”. Citaram também que as moléculas tendiam a ficar em um estado mais disperso. Poucos descreveram exemplos que indicariam a energia não convertida em trabalho.

Por fim, a segunda questão houve compreensão no sentido de degradação de energia apresentada por 73% dos alunos como “perda” de energia, porém 77% destes apresentaram a força da gravidade como responsável por degradar a energia e os outros 23% não apresentaram uma explicação. Por conservação de energia mecânica a bola deveria cair e retornar na mesma posição, independentemente da força da gravidade, dessa forma observou-se que havia necessidade do conhecimento prévio sobre conceitos de conservação de energia mecânica.

III. CONCLUSÕES

Conclui-se que as metodologias de aula utilizadas contribuíram de forma positiva e possibilitaram a criação de um ambiente propício para a participação dos alunos mudando, de forma considerável, o compor-

tamento deles em sala de aula. Ocorreram momentos de diálogos entre alunos e Autor 1 no decorrer da aula e todos os alunos realizaram as atividades propostas.

A utilização de experimento de baixo custo fornece uma ferramenta importante para professores da rede pública, uma vez que os recursos são limitados. Já a utilização do vídeo em sala de aula necessita de computador e Datashow ou até mesmo uma televisão e um leitor de DVD. Cabe aqui uma observação relacionada ao tempo necessário para a preparação da aula, para tanto foram realizadas reuniões de orientações, leitura de textos, confecção do aparato utilizado para o experimento e seleção de vídeos adequados, condição desfavorável, na maioria das vezes, para o professor da rede pública, por conta de falta de tempo em serviço, remunerado, para elaboração de materiais.

REFERÊNCIAS

- Assis, I. C. e Dickman, A. G (2015). A geladeira: uma proposta de ensino para termodinâmica. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 26-30 de janeiro, Uberlândia, MG.
- Bonfim, J. e Reis, J.C. (2015). Máquinas térmicas no cinema: uma proposta para abordar a HFC e a NdC no ensino básico. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 24-27 de novembro, Águas de Lindóia, SP.
- Brasil. (2006). *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica,
- Carvalho, A. M., Moreira, A. F. e Junior, A. O. Avaliação de estudantes sobre uma sequência de ensino de termodinâmica orientada por uma abordagem CTS. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 24-27 de novembro, Águas de Lindóia, SP.
- Freitas, M. S. T. e Martins, R. B. (2011). Concepções alternativas sobre Termodinâmica no Ensino Médio, associadas à leitura dos manuais de fabricantes de refrigeradores. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 30 de Janeiro a 04 de fevereiro, Manaus, AM.
- Galindo, J. A. O. e Gomes, J. L. (2015). Ensino de Física à baixo custo: Utilização do forno solar na aprendizagem da Termodinâmica. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 26-30 de janeiro, Uberlândia, MG.
- Nascimento, M.C.M. e Souza, N.A. (2013). Avaliação Formativa: a prática em construção. http://www.ppe.uem.br/publicacoes/seminario_ppe_2013/trabalhos/co_03/79.pdf. Acesso em: julho de 2017.
- Rocha, S. G., Barbosa, D. B., Filho, L. R. F. e Junior, F. M. O. (2012). O ensino de Física numa perspectiva de aulas de campo. *Encontro Nacional De Educação, Ciência E Tecnologia UEPB*, 12-14 de novembro, Paraíba, PB.
- Rodrigues, C. F. M. e Vianna, D. M. (2013). Irreversibilidade. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 21-25 de janeiro, São Paulo, SP.
- Schiavon, C. S., Bilhalba, L. P., Santos, P. G., Garcia, C. M. C., Souza, A. C. e Filho, A. L. A (2015). Construção dos conceitos científicos de termodinâmica dos alunos de ensino médio utilizando a prática. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 26-30 de janeiro, Uberlândia, MG.
- São Paulo. (2012). *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias* / Secretaria da Educação, Coordenação Geral, Maria Inês Fini, Coordenação de área, Luís Carlos de Menezes. São Paulo: SEE.
- Filho, J. A. S., Ferreira, C. S., Moreira, R. M. G. e Silva, S. M. G. (2012). Avaliação Educacional: sua importância no processo de aprendizagem do aluno. Acesso em: julho de 2017: <http://editorarealize.com.br/revistas/fiped/trabalhos/f7b399b81548477e9e94f5fcfcff7_1919.pdf>.
- Souza, P. V. S., Dias, P. M. C. e Santos, F. M. P. (2013). Ensinando a natureza estatística da segunda lei da termodinâmica no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(2), 1-9.