

# USO DE EXPERIMENTAÇÃO E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA A APRENDIZAGEM DE TERMODINÂMICA

## EXPERIMENTATION AND PROBLEM RESOLUTIONS IN THERMODYNAMICS APPRENTICESHIP

**Harnye Del Nero<sup>1</sup>**  
**Solange B. Fagan<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Aluno do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática UNIFRA – Santa Maria – RS  
eynrah@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Professora do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática UNIFRA – Santa Maria – RS  
sfagan@unifra.br

### RESUMO

É de comum consenso a existência de ferramentas que propiciam estratégias para tornar a aprendizagem mais eficaz, mas o estudo mais detalhado sobre sua real eficiência quanto a esse aprendizado ainda é uma incógnita. Por falta de uma análise aprofundada sobre o aproveitamento destas técnicas é que se pretende estabelecer um estudo mais detalhado. Na busca por métodos que melhorem o aprendizado no Ensino de Física, pois os métodos atuais não conseguem atingir aos alunos plenamente, e na necessidade de diversificar, adotar-se-á como proposta o uso de um experimento em Termodinâmica. A partir desta experimentação um questionário usando o método de resolução de problemas abordando certos conceitos de termodinâmica é adotado. Deste modo, buscamos que o aluno apresente sua opinião de acordo com os seus conhecimentos. Buscou-se neste trabalho também analisar que métodos os alunos do Ensino Médio utilizaram na construção e na busca de conceitos relacionados com o tema.

**Palavras-chave:** Aprendizagem, Termodinâmica, Resolução de Problemas

### ABSTRACT

It is known that some tools have been used to turn the apprenticeship of sciences more attractive and more efficient, but the study of the real efficiency is unknown. From the reduced profound analysis about the application of these techniques we want to do a more detailed study. Searching for methods that improve the apprenticeship in physics, due to the incapacity of the actual methods to achieve all the students, and in the necessity to diversify, we will adopt, as propose, the use of an experiment in Thermodynamics. From this experiment a questionnaire using the problem resolution method adopting some concepts of Thermodynamics are used. In this way, we want to look if the students show their answers according with their knowledge's or using alternative methods, as the Internet, books or notes from the class.

**Keywords:** Apprenticeship, Thermodynamics, Problem Resolution,

## INTRODUÇÃO

Faz-se necessário, diante dos avanços tecnológicos e científicos, das constantes transformações na atual sociedade, uma reflexão sobre o Ensino da Física a nível médio e uma busca de estratégias de modo a relacioná-lo com os interesses e o cotidiano dos alunos. Os alunos deveriam ver a Física, e ela deveria ser um “instrumento para compreensão do mundo (...) uma ferramenta a mais nas suas formas de pensar e de agir” (PCN).

Devido a um alto grau de insatisfação, no aprendizado de Física, tanto para alunos quanto professores, surgem necessidades de se buscar alternativas que dêem ênfase, à expressão do aluno, no sentido dele procurar soluções para questionamentos relacionados a uma determinada situação (MOREIRA, 1983; ROGERS, 2000). Nesse caso foi proposta uma simulação que visou criar um modelo que aplicasse diretamente conceitos básicos da Física Térmica. O enfoque dado foi no Ensino de Termodinâmica e seus pré-requisitos, necessários para a sua compreensão e apropriação.

A resolução de problemas, que é a forma mais utilizada no Ensino de Física para compressão e aplicação do conteúdo apropriado pelo aluno, será utilizada neste Trabalho para conduzir no educando a capacidade de expressão baseando-se na sua criatividade em relação às fontes de pesquisa e o tipo de solução adotada (BUTELER, 2001; CARCAVILLA, 2004). Na realização desta tarefa pensava-se que o aluno fosse, em sua maioria, adotar como fonte de pesquisa os meios mais atuais, como por exemplo, os que envolvem a utilização do computador por meio da Internet. Entretanto, o que se observa é que muitos destes tiveram a preferência por escreverem por meio da consulta bibliográfica sugerida no início do curso ou pelos apontamentos de sala de aula.

De qualquer forma, é de bom senso lembrar que o papel do professor nesse caso é o de intermediador e conhecedor dos temas apresentados e das modalidades a que submeterá os alunos. A grande finalidade desta pesquisa, como todas em educação, é o aprimoramento da aprendizagem fazendo com que o educando se engaje e busque soluções para situações a que são submetidos. A experimentação, neste caso, faz parte desse todo como meio de estímulo, ou seja, é precursora da busca do entendimento real dos conceitos físicos, aqui relacionados à Termodinâmica.

Como meio de inserção do aluno às tecnologias existentes, foi estimulada a utilização da Internet como fonte de busca de subsídios para que respondessem aos questionamentos. Sabe-se que, quando encontramos informações a respeito de um assunto procura-se investigar diversas fontes, e no caso específico de quem às procura na Internet, devido à riqueza de informações, tende-se a explorá-la. Neste caso, muitas vezes ocorre um amadurecimento errôneo devido à necessidade de filtragem e/ou uma prévia seleção de idéias. Neste trabalho especificamente, procurou-se fazer com que o educando, até no instante da devolução destes questionamentos utilizasse o computador, via correio eletrônico, procurando uma maior interação com a tecnologia disponível.

Neste trabalho propomos o uso dessas modalidades aplicadas ao estudo de conceitos e fenômenos de Termodinâmica voltada ao ensino-aprendizagem de Física de alunos do Ensino Médio. Para o entendimento das leis da termodinâmica é necessário o conhecimento completo sobre conceitos fundamentais de temperatura e calor.

Para entender o funcionamento de uma máquina térmica, utilizando ferramentas de modelagens ou experimentação, podemos simular/experimentar as transferências de calor relacionadas com a variação da temperatura e energia do sistema, assim como, o significado da degradação de energia ( $S$ ), e porque, este é, no mínimo, maior ou igual a zero ( $S \geq 0$ )

(NUSSENZVEIG, 1996; SEARS, 1979). Neste caso, usamos experimentação relacionada com estas grandezas físicas, como mostraremos nas próximas seções.

## METODOLOGIA

Aplicamos um experimento relacionando trocas de energia, como mostra a Fig. 1, a alunos do Ensino Médio e relacionamos questionamentos com diversos temas associados com Termodinâmica.

Após os educandos já terem acesso aos conceitos básicos necessários, acerca de calor e suas formas de propagação, temperatura, equilíbrio térmico e a primeira e segunda lei da termodinâmica, foi proposta uma experimentação onde uma lâmpada de 500 W era ligada, e após um breve intervalo de tempo, a hélice móvel principiava a mover-se. No decorrer do experimento foi introduzido um anteparo maior ao redor da lâmpada, com o objetivo de aumentar a rotação da hélice. Desta forma, o experimento aplicado consistiu basicamente em analisar o fluxo de energia por meio de uma lâmpada resultando em trabalho mecânico na hélice (Fig. 1).



**Figura 1: Experimento mostrando que o fluxo de energia por meio da lâmpada origina trabalho mecânico na hélice.**

Ao final do processo, quando a lâmpada foi desligada, questionamentos pertinentes a esses procedimentos, foram disponibilizados aos educandos, aqui destacados:

- (a) O que você faria para aumentar o rendimento?
- (b) Qual o processo de propagação de calor e porque ocorrem perdas?
- (c) Por que não se utiliza energia elétrica para produzir energia elétrica? Relacione com a Segunda Lei da Termodinâmica.
- (d) Analise a frase: “Ninguém dá o que não possui”.

Os alunos deveriam retornar esses questionamentos via correio eletrônico e para que respondessem aos questionários deveriam utilizar pesquisa em sites, livros e até mesmo em anotações de sala de aula. Todas as fontes de busca e/ou procura deveriam ser mencionadas, junto aos questionamentos.

Essa técnica foi aplicada a alunos da segunda série, num total de quatro (4) turmas, totalizando 198 alunos do Ensino Médio do Colégio Franciscano Sant’Anna, em Santa Maria-RS, sendo que a exposição do experimento foi feita em uma hora aula, e os educandos deveriam

retornar num prazo máximo de sete (7) dias, obrigatoriamente, via internet, visto o colégio disponibilizar um laboratório de informática, com monitor.

O questionário acima visou analisar os conhecimentos obtidos pelos alunos referentes à Física Térmica nos quesitos: tipo de calor, propagação de energia, conservação de energia e fontes alternativa de energia. A discussão dos resultados se dá a partir do levantamento correto das respostas.

## DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

A partir do experimento, e conseqüentemente da resolução do questionário, o aluno buscou reflexões tanto em conteúdos de sala de aula assim como em fontes de pesquisa relacionada com Internet.

Foi observado que os alunos que responderam de forma rebuscada buscaram este conhecimento em fontes como Internet e livros, onde não houve, em muitos casos, uma análise crítica da resposta, por parte do aluno, e muitas vezes até não ia ao encontro, sequer do conteúdo em discussão. Os alunos que responderam ao questionário sem nenhuma consulta prévia e sustentaram suas respostas apenas no que supostamente tinham entendido não foram satisfatórios em suas conclusões. Estes alunos deixaram claro que muitos conceitos por eles tidos por certos ainda são os de domínio da chamada cultura popular, que não refletem os conceitos físicos esperados.

Foram selecionadas algumas respostas do grupo, as quais são exemplos típicos de respostas retiradas da internet, da aula expositiva ou pesquisadas em outras fontes, como livros ou entrevistas a pais ou familiares. Algumas dessas respostas estão a seguir relacionadas na íntegra. As letras (a), (b), (c) e (d) estão relacionadas com as perguntas destacadas na metodologia:

### (i) Retirado a partir da INTERNET

Resposta à questão (c): - *Como em uma usina hidrelétrica de verdade, deveriam ser usados transformadores. Entre o gerador da usina hidrelétrica e o início da linha de transmissão coloca-se um transformador elevador de tensão (a distância que os separa é da ordem dos 500 m) e no final da linha de transmissão, onde está a subestação, coloca-se um transformador abaixador de tensão. Por exemplo, se gerador fornece 13,8 kV, o transformador elevador de tensão eleva-a para 138 kV e o transformador abaixador de tensão, na subestação (geralmente nos arredores do centro consumidor) abaixa-a para 13,8 kV ou 11,95 kV.*

Resposta à questão (b): - *O Calor sempre passa de um objeto mais quente para um objeto mais frio. Um motor reversível é aquele em que a transferência de calor pode mudar de direção, se a temperatura de um dos objetos é mudada de por um valor infinitesimal. Quando um motor reversível faz com que calor entre em um sistema, o fluxo se dá como resultado de uma diferença infinitesimal de temperatura, ou porque foi realizado um trabalho infinitesimal sobre o sistema. Se tal processo pudesse ser realmente realizado, ele seria caracterizado por um estado contínuo de equilíbrio e iria ocorrer a uma taxa tão lenta que necessitaria um tempo infinito. Um motor real sempre envolve ao menos certa quantidade de irreversibilidade. Calor não irá fluir sem uma diferença finita de temperatura, e o atrito não pode ser eliminado. O experimento teve perdas porque a energia colocada era pouca, o trabalho realizado foi pequeno.*

Resposta à questão (a)- *Há processos que só podem ocorrer em um único sentido. Eles são chamados de processos irreversíveis, pois não revertem espontaneamente. A energia elétrica é assim, não se reverte. Foi a partir do ciclo de Carnot que se iniciaram os estudos da*

*conservação da energia que, posteriormente, foram estendidos às demais áreas da Física. Foram desenvolvidos, em seguida, diversos estudos relacionando o calor, trabalho e energia no sentido de mostrar que a energia sempre se conservava. Segundo Einstein É impossível que apareça energia sem um desaparecimento de massa. A energia contida em um combustível está armazenada sob a forma de massa. Não se pode converter o calor em outra forma de energia com um rendimento de 100%. Não podemos explicar esse 'capricho' da Natureza, porém não temos outro remédio a não ser suportá-lo e como consequência deve aceitar o fato de que toda máquina tem que desperdiçar certa quantidade de energia.*

## **ii) Retirado da aula expositiva**

*Resposta à questão (a): - Rendimento é trabalho. Para aumentar o trabalho poderíamos utilizar uma lâmpada com maior potência, aumentando a energia. Fechar o tubo, fazendo com que o calor não se dissipe com tanta facilidade, aumentando a energia interna. Pintar o tubo de preto, já que o preto retém calor, o que também impediria que o calor se dissipasse com tanta facilidade e aumentasse a energia interna.*

*Resposta à questão (b): - O experimento utiliza as moléculas de ar. O calor faz com que as moléculas de ar se agitem e aumentem a temperatura. Ocorrem muitas perdas porque o sistema não é fechado e está em contato com o meio externo que faz com que a energia se dissipe.*

*Resposta à questão (c): -O rendimento seria muito baixo e se gastaria mais energia para produzir do que a energia que fosse fabricada. Isso é o que diz a segunda lei da termodinâmica, não seria possível fabricar porque a energia utilizada se dissiparia e não seria totalmente aproveitada para fabricar mais.*

*Resposta à questão (d) -As leis da termodinâmica dizem que a energia não pode vir do nada. Nem tudo que se tem pode ser transmitido, algo sempre será perdido.*

## **iii) Pesquisado em outras fontes**

*Resposta à questão (a): - A cor do suporte que “tapa” a lâmina giratória, uma cor mais clara, pois vermelho é uma cor que absorve bastante calor. A lâmina poderia ser mais fechada, mais “abafada”, assim não perderia tanto calor para o meio, ou uma lâmpada com uma potência parecida, mas de um tamanho menor.*

*Resposta à questão (b): - Processo exotérmico, onde a lâmpada, ligada à energia elétrica, gera energia para o meio. Ocorrem perdas, pois o espaço para a captação de energia é estreito e pequeno, em relação à lâmpada, liberando energia para o meio, não concentrando só na lâmina.*

*Resposta à questão (c): - Porque faria um ciclo, a energia que ia produzir, voltaria a ser usada novamente para produzir mais energia, e assim por diante. De acordo com a 2ª Lei, é impossível construir uma máquina térmica, que opere num ciclo termodinâmico, cujo único efeito seja o retirado de calor de uma fonte quente e sua integral conversão em trabalho mecânico.*

*Resposta à questão (d): - Só podemos dar alguma coisa se nos pertence. Isso acontece nas Leis, onde algum corpo fornece energia que possui, em forma de calor, onde dessa energia total (“dada” pelos corpos) é utilizada e uma parte é dissipada. Os corpos só fornecem energia que possuem e que podem ceder ao meio, ou para outro corpo.*

As respostas deveriam ser dadas da seguinte forma:

Resposta à questão (a) e (b): - *Para aumentar a eficiência do experimento devemos primeiramente fechar a proteção vermelha, de modo que a lâmpada fique isolada no campo de baixo pela proteção, ou seja, fazer uma espécie de cilindro com a proteção, impedindo a dispersão de calor para o meio. A proteção deveria ser de cor prateada ou branca para evitar grande absorção de calor. A lâmpada deveria estar totalmente encaixada no cilindro protetor de modo que o calor não dispersasse tão facilmente. O rendimento seria maior em climas quentes, pois não haveria a necessidade de igualar a temperatura do experimento com a do ambiente, fato inevitável por não se tratar de um sistema isolado. Seria melhor que a proteção vermelha fosse um cilindro no qual tivesse a lâmpada encaixada embaixo de modo que o calor não se dispersasse tão facilmente.*

Resposta à questão (d): - *Em cada processo de geração da energia elétrica teremos perdas, conseqüentemente, termos que usar cada vez mais energia para produzir energia, então, não seria nada conveniente devido à falta de rendimento, pois para que gastar energia elétrica para formar energia elétrica? Não seria melhor usar esta energia (“combustível” da transformação) em próprio “combustível” para o que se necessita fazer?*

Resposta à questão (d): - *Este fato está ligado à primeira lei da termodinâmica, onde a energia não se perde não se cria se transforma. Ou seja, ninguém pode formá-la e sim convertê-la.*

*Ex: um cubo de gelo em um copo d’água, o gelo não pode dar energia para a água, pois esta contém mais energia que o gelo assim a água fornece energia para esse cubo de gelo.*

Uma forma de poder contornar alguns destes obstáculos pode ser a exposição ao aluno deste experimento antes do mesmo ter contato com o conteúdo, fazer os mesmos questionamentos, e após uma primeira análise, começar desde o princípio em termos de pré-requisitos, com o conceito de temperatura e calor, e a partir daí discutir sobre as respostas dadas e o que poderia ser modificado e o que poderia ser aproveitado, com relação as suas respostas iniciais.

O uso da Internet, assistida e filtrada pelo professor, soma-se à busca do conhecimento, pois nesta o aluno pode buscar conceitos mais elaborados sobre os elementos e fenômenos envolvidos na Física do Calor. É importante proporcionar estímulo aos alunos por busca de conhecimento e suas relações com fatores vivenciados no seu cotidiano, pois essas questões, que na maioria das vezes, passam despercebidas, pela falta de modelos que possam evidenciar com clareza essa natureza e prejudicam o real entendimento sobre esses fenômenos.

Após a análise dos procedimentos aplicados aos alunos esperamos ter dado a estes subsídios para que possam compreender a aplicação prática da Termodinâmica. A próxima etapa será buscar com os alunos propostas de novos experimentos baseados em Termodinâmica, envolvendo simulações ou busca de dados a partir do computador.

O método de aplicar técnicas de ensino – aprendizagem por meio de simulações, e com base nelas, fazer o aluno procurar subsídios para responder questões relacionadas ao entendimento da física é uma proposta que visa aproximar o aluno da sua vivência diária e estimular sua independência e curiosidade na busca por conhecimento de fenômenos físicos.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho utilizamos o uso da experimentação relacionada com a resolução de problemas para aprendizagem de conceitos de Termodinâmica. Deste modo, buscamos que

o aluno apresentasse sua apreciação de acordo com os seus conhecimentos já adquiridos em sala de aula. Analisamos de que modo os alunos responderam aos questionamentos, ou seja, qual o meio de pesquisa utilizado. Observamos que os alunos utilizaram meios como a Internet, livros e apontamentos de sala de aula. As respostas foram as mais diversificadas possíveis e muitas vezes não selecionaram a resposta correta ou a resposta estava incompleta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília, MEC/SEMT, 2000.

BUTELER, L.; GANGOSO, Z.; BRINCONES CALVO, I. y GONZÁLEZ MARTINEZ, M. *La resolución de problemas em física y su representacion: Um estúdio em la escuela media*. In: Revista Enseñanza de las Ciencias, v.19, p.285-295, 2001.

CARCAVILLA CASTRO, A. y ESCUDERO ESCORZA, T. Los conceptos em lá resolución de problemas de física “bien estructurados”: Aspectos identificativos y aspectos formales. In: Revista Enseñanza de las Ciencias, v. 22, p.213-228, 2004.

MOREIRA, M.A. *Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos*. Ed. Moraes. São Paulo, 3ª edição, 1983.

ROGERS, C.R. *Liberdade para aprender*. B.H., Interlivros, p.3311971.

VEIT, E. A., TEODORO, V. D. *Modelagem no ensino/aprendizagem de Física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio*. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, 2002.

VERGNAUD, G. *Teoria dos campos conceituais*. In: Nasser, Anais do 1º Seminário Internacional de Matemática do Rio de Janeiro. p. 1-26, 1993.

NUSSENZVEIG H. M., *Curso de Física Básica*, Editora Edgard Blücher, vol. 2 cap. 10, 3ª Edição (1996).

SEARS F., SALINGER G., *Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística*, Guanabara Dois, 3ª Edição (1979).