

# O Ensino de Entropia com enfoque na História da Ciência

## Teaching Entropy focusing on the History of Science

**Jefferson Adriany Ribeiro da Cunha**

Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás  
adriany@ufg.br

**Ocione Pereira dos Santos**

Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás  
ocione@hotmai.com

**José Rildo de Oliveira Queiroz**

Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás  
rildo@ufg.br

### Resumo

Este trabalho investiga o uso de um recurso didático com enfoque na História da Ciência, para o entendimento do conceito de entropia no ensino médio. A sequência didática foi composta por seminários e leituras de textos, apresentando os principais acontecimentos da história da termodinâmica, culminando com o conceito de entropia de Rudolf Clausius. A metodologia de ensino foi aplicada em uma turma do segundo ano do ensino médio de uma escola pública de uma capital brasileira. Trata-se de uma pesquisa qualitativa utilizando-se de um questionário no início e ao final das atividades. Após a intervenção a maioria dos estudantes conseguiu identificar a direção dos processos espontâneos, associar a Segunda Lei da Termodinâmica com o princípio da degradação da energia e também associar o conceito de entropia com a desordem de um sistema.

**Palavras chave:** história da ciência, ensino do conceito de entropia, teorema de Carnot.

### Abstract

This study investigates the use of a teaching resource with a focus on the history of science, to understand the concept of entropy in high school. The instructional sequence consisted of workshops and readings of texts, presenting the main events in the history of thermodynamics, culminating with the concept of entropy Rudolf Clausius. The teaching methodology was applied to a class of the second year of high school in a public school in a Brazilian capital. This is a qualitative study using a questionnaire at the beginning and end of activities. After intervention, the majority of students could identify the direction of spontaneous processes, associating the Second Law of Thermodynamics with the principle of degradation of energy and also the concept of entropy associated with the disorder of a system.

**Key words:** history of science, teaching the concept of entropy, Carnot theorem.

## Introdução

O ensino do conceito de entropia tanto no ensino médio quanto no ensino superior sempre foi considerado problemático por vários professores e diversos autores. Há diversas discussões em torno das dificuldades do ensino da termodinâmica de uma maneira geral, e da segunda lei e do conceito de entropia de forma específica (SANTOS, 2008).

De todos os conceitos difíceis da Física Clássica – a aceleração, energia, campo elétrico – o mais difícil é entropia. Até mesmo Von Neuman afirmou que “ninguém realmente sabe o que é entropia”. (STYLER, 2000).

A entropia é o assunto mais temido na química universitária básica – por estudantes devido a sua complexidade, e por professores porque os estudantes falham em entender seus princípios básicos (LAMBERT, 2006).

Alguns trabalhos como em Nussenzeig (2002), Oliveira e Dechhoum (2003) e Lambert (2006) indicam dificuldades no entendimento e na formulação deste conceito.

A conexão entre a 2<sup>a</sup> lei e a irreversibilidade é um dos problemas mais profundos da Física. (NUSENZEIG, 2002).

A segunda lei da termodinâmica é uma das construções intelectuais mais intrigantes de todos os tempos. Desde sua primeira formulação no século XIX, tem sido fonte de discussões acaloradas entre cientistas das mais variadas origens, nos mais variados ramos da ciência. Apesar de seu foco ser os sistemas microscópicos, algumas vezes têm sido abusivamente aplicada até mesmo a fenômenos sociais, gerando interpretações que poderíamos classificar, no mínimo, como perigosas. (OLIVEIRA; DECHHOUM, 2003).

Entropia não é desordem nem tem nada a ver com coisas misturadas, como cadeiras desarrumadas e cartas embaralhadas. (LAMBERT, 2006).

Estes trabalhos apontam alguns aspectos que dificultam o ensino do conceito de entropia e da segunda lei da termodinâmica: a conexão entre a segunda lei e a irreversibilidade dos processos naturais, e o problema da relação entre entropia e os sistemas microscópicos e desordem, mencionada por professores em sala de aula e também, em textos de divulgação científica, sugestões sobre a conexão entre entropia e os fenômenos sociais. Nesta coleção de desafios didáticos e interpretações polêmicas do conceito de entropia, percebemos uma carência muito grande em se definir uma estratégia didática apropriada para lidar com este tema. É necessário definir uma melhor forma de se introduzir a segunda lei e o conceito de entropia. Além disso, grande parte dos trabalhos sobre o uso da História da Ciência no ensino de física traz discussões teóricas sobre vantagens e desvantagens desta possibilidade, mas poucos fizeram intervenção em sala de aula (OLIVEIRA; SILVA, 2012).

Diante dessas dificuldades este trabalho investiga um tratamento didático, utilizando a História da Ciência, com o objetivo de facilitar o ensino do conceito de entropia e os conceitos de temperatura e calor. Realizamos, no segundo semestre de 2012, uma intervenção em sala de aula em turmas do segundo ano do ensino médio. Com questionários coletamos dados, tanto antes quanto depois da intervenção e analisamos utilizando critérios qualitativos.

## Fundamentação Teórica

Preocupado com o ensino de ciências no ensino médio, através de uma linguagem e metodologia que seja acessível ao aluno, tem-se feito uso de várias estratégias de ensino, dentre elas, o uso da História da Ciência. Alguns autores, como Pagliarini (2007), defendem o uso deste recurso didático no ensino médio. Este autor, ao fazer uma análise de livros didáticos de Física para esse nível de ensino, constatou que muitas vezes a História e Filosofia da Ciência aparecem de forma distorcida.

Esta complexa ciência chamada Física possui uma rica história e está imersa em um contexto dinâmico e amplo, sendo assim, um ensino que visa uma apreensão de conhecimento sobre ela vai além da apresentação de simples conceitos, formulas, nomes e datas. (PAGLIARI, 2007).

Os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) deixam claro a importância de se ver a Física como uma construção humana e histórica.

A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, à teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram (BRASIL, 2000, p.27).

De acordo com Matthews (1995), aspectos históricos são muito úteis no ensino de ciências,

“[...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem, a saber, o que significam [...]” (MATTEWS, 1995).

São inúmeros os trabalhos desenvolvidos no Brasil utilizando a História da Ciência no Ensino de Física. Em Castro (1993), foi analisado a pertinência, a relevância e os efeitos do uso dessa estratégia didática na formação do professor de ciências e na aprendizagem dos conteúdos.

No trabalho de Peduzzi (2005) foi feita uma discussão deste recurso no ensino da Teoria da Relatividade Restrita mostrando uma acentuada receptividade dos alunos em relação às atividades desenvolvidas e mudanças significativas em certas concepções de ciências vigentes. Silva & Martins (2003) desenvolveram uma pesquisa em que defendem o uso da História da Ciência em sala de aula para ensinar a Teoria das Cores de Newton. O uso da História da Ciência como estratégia didática para o Ensino de Física pode contribuir de forma significativa para uma formação mais completa do aluno do ensino médio.

## Estratégia Didática: O Conceito de Entropia de Acordo com A História da Termodinâmica

Em nossa estratégia, usamos material didático próprio baseado em textos sobre os principais

acontecimentos históricos que contribuíram para a definição do conceito de entropia e também textos sobre as implicações científicas e sociais sobre este conceito (CARDWELL, 1971; QUADROS, 1996). Em cada aula era lido, em voz alta com os alunos, um texto da sequência de artigos montados e realizamos discussões com os mesmos para uma melhor compreensão da leitura. Abaixo apresentamos uma síntese da sequência histórica utilizada suprimindo as passagens matemáticas e enfatizando os episódios históricos principais.

### **Principais episódios históricos para a compreensão do conceito de entropia**

Com o surgimento das máquinas térmicas no final do século XVII como a bomba d'água do capitão Thomas Savery, o motor de haste de Newcomen e as máquinas de James Watt no século XVIII, diversos cientistas da época despertaram interesse em entender o funcionamento dessas máquinas com o intuito de melhorar suas eficiências. Apesar da revolução econômica e social que essas máquinas causaram, elas foram construídas sem os princípios teóricos fundamentais como o da conservação da energia ou a equivalência entre calor e trabalho mecânico. Dentre as perguntas que a comunidade científica procurava responder estava a seguinte: Qual o limite de eficiência para uma dada máquina térmica?

Em seu livro publicado em 1824 o físico e engenheiro militar Nicolas Léonard Sadi Carnot demonstrou que é impossível uma máquina térmica trabalhar em ciclos sem perdas. Carnot foi mais adiante, demonstrou também qual a máxima eficiência imposta pela natureza para uma máquina que opera retirando calor de uma fonte quente gerando trabalho e rejeitando calor a uma fonte fria. Para desenvolver suas pesquisas, Carnot baseou-se da concepção de um fluido ígneo, historicamente conhecido como calórico, sugerido por Lavoisier para a natureza do calor. Para ele, assim como uma roda d'água gera trabalho através de um fluxo de água, a máquina térmica gera trabalho por intermédio de um fluxo de calórico. A diferença estava no fato de que para a roda d'água o fator determinante para o processo de realização de trabalho seria a diferença de altura entre dois pontos determinados e para a sua máquina térmica seria a diferença de temperatura entre um reservatório quente e um reservatório frio.

Ao estudar a eficiência da máquina térmica, Carnot demonstrou em um ciclo batizado com o seu nome que a eficiência de sua máquina depende apenas das temperaturas dos dois reservatórios. Propôs ainda que a eficiência de uma máquina independe da substância de trabalho. O Teorema de Carnot pode ser enunciado da seguinte forma:

- Nenhuma máquina térmica que opere entre uma fonte quente e uma fonte fria pode ter um rendimento superior ao de uma máquina de Carnot;
- Todas as máquinas de Carnot que operem entre duas fontes terão a mesma eficiência.

### **Entendendo o conceito de entropia de Clausius**

Julius Robert Mayer formulou o princípio da conservação da energia. James Prescott Joule determinou a quantidade de trabalho necessário para gerar uma quantidade determinada de calor, ou seja, a equivalência entre energia mecânica e calor. Nestes estudos ambos utilizaram o argumento fundado pelo Conde Rumford que o calor é resultado da agitação das partículas que compõe a matéria. Na segunda lei da termodinâmica, Carnot mostrou que existem condições para a conservação de calor em trabalho e o máximo rendimento de uma máquina térmica.

Se lembrarmos de que os trabalhos de Carnot foram apoiados na concepção da natureza do calor como calórico, fica fácil perceber que sua concepção da natureza do calor se opõe a concepção de Mayer e Joule. Essas ideias antagônicas culminaram com o surgimento de um cenário com duas possibilidades:

- A proposta do máximo rendimento de Carnot está errada pois se baseia na concepção material do calor.
- Devemos concordar com os trabalhos de Carnot e rever a afirmação de Mayer e Joule sobre a natureza do calor.

Diante desse impasse conceitual, em um trabalho publicado em 1850 o polonês Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822-1888) apresentou de fato a conciliação entre as posições antagônicas de Carnot e Mayer e Joule ao introduzir uma interpretação para o que Carnot chamava de calórico em seu ciclo.

Para fazer tal conciliação Clausius analisou o funcionamento de uma máquina térmica de Carnot utilizando tanto a concepção de calor de Mayer e Joule quanto à concepção de calórico de Carnot. Dessa análise Clausius verificou que para as duas formulações o conceito de trabalho estava bem colocado do ponto de vista físico. Igualando o trabalho, nas duas análises, Clausius definiu o que Carnot chamava de calórico como uma grandeza que a partir de então ele o denominou de entropia, uma função de estado, que no ciclo de Carnot, flui do reservatório quente para o frio em um processo reversível.

Clausius fez diversos estudos do comportamento da entropia em processos reversíveis e irreversíveis. Demonstrou que nos processos reversíveis a entropia é constante de forma que não há degradação da energia útil do sistema. Por outro lado nos processos irreversíveis a entropia tende a um máximo o que sugere uma degradação da energia útil.

Toda a discussão de Clausius em torno da entropia foi enunciada em uma frase, conhecida como a segunda lei da termodinâmica: é impossível realizar um processo cujo único efeito seja transferir calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente.

Esse enunciado nos revela que não são possíveis processos que resultem em uma diminuição da entropia total. De modo geral, se um determinado processo diminui a entropia de algum objeto, certamente aumenta em outro em igual ou maior intensidade.

## **Metodologia, Resultados e Análises**

A intervenção foi feita em uma turma do 2º ano do Ensino Médio, formada por 35 alunos de uma escola pública de uma capital brasileira, por meio de uma sequência didática composto de oito horas/aulas. No início, aplicamos um questionário pré-teste com o objetivo de levantar as concepções prévias dos estudantes relacionados com o conteúdo que seria trabalhado. Após a intervenção aplicamos um questionário pós-teste com questões de mesmo teor, mas de diferente formato. 17 alunos responderam os questionários, pré e pós.

Trate-se de uma pesquisa qualitativa tendo como recolha de dados questionários abertos semi-estruturados, cuja interpretação baseou-se na análise de conteúdo de natureza temática de Bardin (1979). Para autora a análise temática “Consiste em descobrir os núcleos de sentido que compõem a comunicação de cuja presença, ou frequência de aparição pode significar alguma coisa para o objetivo analítico escolhido” (BARDIN, 1979). Classificamos as respostas dos questionários aplicados em categorias. Essas categorias surgiram depois de várias análises e leituras dos questionários utilizados. As respostas foram classificadas nessas categorias utilizando como critério o nível de elaboração de cada uma delas, ou seja, a classificação partiu da menos para as mais elaboradas. A análise minuciosa dos dados coletados nos fez observar quatro categorias de respostas presentes no questionário pré-teste e cinco categorias no pós-teste. Os questionários pré e pós-teste, continham 13 questões e verificaram as compreensões dos alunos sobre alguns conceitos e fenômenos da Termodinâmica. As questões foram divididas em 6 grupos de análises, sendo que o sexto

grupo foi introduzido apenas no questionário pós pois são situações que decorrem de um conceito novo para os estudantes que é a entropia.

**Grupo 1:** questões para verificar o conhecimento do aluno sobre **o conceito de temperatura.**

**Grupo 2:** verificar o conhecimento do aluno sobre **o conceito de calor** e se ele consegue definir este conceito como sendo **uma forma de energia em trânsito.**

**Grupo 3:** questões para avaliar se o aluno é capaz de **diferenciar o conceito de temperatura e calor e equilíbrio térmico.**

**Grupo 4:** analisar a compreensão do aluno sobre **o sentido dos processos espontâneos.**

**Grupo 5:** avaliar a noção do aluno sobre **a impossibilidade de reversão espontânea após a ocorrência de um processo espontâneo.**

**Grupo 6:** diferenciação de fenômenos **totalmente irreversíveis daqueles que podem ser revertidos através de uma ação.** Compreensão sobre o enunciado da **segunda lei da termodinâmica** em termos do princípio da degradação da energia e se o aluno consegue associar o aumento da desordem de um sistema com o **aumento da entropia** do mesmo.

Montamos categorias referentes ao questionário pré e pós-teste. Denominamos de A, B, C, D e E em que a categoria A classifica as respostas dos alunos conceitualmente menos elaboradas e, assim as outras categorias vão sucessivamente classificando as respostas com melhor qualidade até chegar à categoria E que representa as respostas com um maior nível de elaboração e compreensão sobre os objetivos de cada grupo de questões.

**Categoria A:** Pertencem a essa categoria as respostas sem justificativas, completamente incoerentes com as leis físicas e influenciadas pelas ideias desenvolvidas pelo senso comum.

**Categoria B:** classificadas nessa categoria as respostas que, de alguma forma, divergiram em questões que possuem o mesmo objetivo.

**Categoria C:** Nesta categoria apresentamos as respostas que foram bem sucedidas nas definições de conceitos fundamentais da Física Térmica como calor e temperatura, mas não tiveram êxito na identificação do sentido dos processos espontâneos e das situações em que foi demonstrada a impossibilidade de reversão espontânea após a ocorrência de um processo espontâneo ou vice-versa.

**Categoria D:** As respostas pertencentes a essa categoria foram bem sucedidas tanto nas definições dos conceitos de temperatura, calor e equilíbrio térmico como também na identificação do sentido dos processos espontâneos e das situações em que foi demonstrada a impossibilidade de reversão espontânea após a ocorrência de um processo espontâneo. Além disso, essas respostas apresentaram coerência nas questões de mesmo objetivo.

**Categoria E:** Classificamos aqui os alunos que demonstraram uma boa compreensão dos principais conceitos abordados durante as aulas, observando as categorias anteriores, com ênfase na diferenciação dos processos totalmente irreversíveis, no entendimento da Segunda Lei da Termodinâmica em termos do princípio da degradação da energia, além de conseguirem associar o aumento da desordem de um sistema com o aumento da entropia do mesmo.

### **Classificação de acordo com as categorias para os grupos de questões elaboradas**

Antes da intervenção, ao aplicarmos o pré-teste, classificamos oito alunos na categoria A: 3, 6, 7, 10, 11, 12, 13 e 14. Quando esses alunos foram convidados a responder uma questão do grupo 1 (questão 1 - O que você entende por temperatura? Dê exemplos), alguns deles apresentaram as seguintes respostas: **Aluno 3:** “Eu entendo que temperatura é o clima. Estado que está o ambiente”. **Aluno 6:** “É a denominação do calor”. **Aluno 7:** “Calor, frio... Variação do tempo é o clima”.

Após a intervenção, no pós-teste, classificamos na categoria E cinco estudantes: os estudantes 1, 10, 11, 12 e 15. Ainda sobre o conceito de temperatura, deram as seguintes respostas: **Aluno 1:** “Temperatura é a agitação das partículas”. **Aluno 2:** “Temperatura é a agitação das partículas”. **Aluno 10:** “São partículas em movimento”. **Aluno 11:** “Agitação das partículas”. **Aluno 16:** “É a agitação das partículas”. Desta forma verificamos que alguns alunos como 10, 11 e 12 pularam da categoria A para a E após nossa intervenção. Realizando esta análise para todos os outros grupos de questões montamos a tabela 1 e verificamos quantos alunos se enquadram em cada categoria antes e depois da intervenção, e quantos mudaram de categoria, avançando ou regredindo. Abaixo apresentamos um cenário de como ficou a classificação dos alunos antes e depois:

| Categorias | Pré-teste                    | Pós-teste         |
|------------|------------------------------|-------------------|
| E          |                              | A1 A2 A10 A11 A16 |
| D          | A2 A17                       | A3 A5 A9 A17      |
| C          | A1 A15                       | A12 A15           |
| B          | A4 A5 A8 A9 A16              | A4 A7 A8          |
| A          | A3 A6 A7 A10 A11 A12 A13 A14 | A6 A13 A14        |

Tabela 1: Número de alunos por categoria e a indicação do progresso de cada um

De acordo com as respostas do questionário pós-teste, dez alunos apresentaram mudanças em suas concepções prévias desenvolvidas pelo senso comum. Os que tiveram maior progresso foram os alunos 10 e 11 que saltaram da categoria A do pré-teste para a categoria E do pós. E também os alunos 3 e 12 que saíram da categoria A para as categorias D e C, respectivamente. Apesar disso, tivemos alguns alunos que não foram atingidos por nossa metodologia de ensino, são eles: os alunos 4, 6, 8, 14, 15 e 17.

## Conclusão

Nesta investigação fizemos uso da História da Ciência como recurso didático facilitador e complementar no ensino do conceito de entropia. Desenvolvemos textos abordando os principais conceitos da Termodinâmica, iniciando com as discussões sobre a natureza do calor e culminando com o conceito de entropia de Rudolf Clausius. Também conduzimos estas discussões para a proposta de definição de entropia feita na Mecânica Estatística de Boltzmann e suas implicações em outras áreas do conhecimento.

O pré-teste revelou que a maioria dos alunos possuía noções equivocadas em relação aos conceitos da Física Térmica. Eles apresentaram confusões em relação ao conceito de calor e temperatura semelhantes às que existiram no passado desta ciência. Em algumas situações os alunos trataram o calor como uma substância que tem a propriedade de fluir de um corpo a outro. Os resultados indicam que esse quadro foi revertido após a nossa intervenção.

Após a intervenção, os alunos fizeram uso de termos técnicos da Termodinâmica que quase sempre não são comuns em livros textos didáticos do ensino médio. Observamos, com relação ao enunciado da 2ª lei, a presença de termos como: degradação, dissipação, esgotamento, desordem, desorganização, dentre outros.

A maioria dos estudantes conseguiu identificar a direção dos processos espontâneos, associar a Segunda Lei da Termodinâmica com o princípio da degradação da energia e associar o conceito de entropia com a desordem de um sistema.

Esta experiência mostra que a História da Ciência é um recurso didático de grande importância no ensino de física, mas como qualquer outra estratégia didática possui suas limitações, e deve ser muito bem planejado para que o aprendizado dos alunos seja alcançado

de fato.

## Referências

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Ed. 70, 1979.
- BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio – Ciências da Natureza. Brasília: Ministério da Educação, 2000.
- CARDWELL, D.S.L **From Watt to Clausius – The Rise of Thermodynamics in The Early Industrial Age**, Cornell University Press Ithaca, New York, 1971.
- CASTRO, R.S. **História e Epistemologia da Ciência: Investigando suas Contribuições num Curso de Física do Segundo Grau**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- COVOLAN, S.C.T. **O conceito de entropia num curso destinado ao Ensino Médio a partir das concepções prévias dos estudantes e da História da Ciência**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.
- LAMBERT, FRANK. Disorder – Cracked crutch for Supporting Entropy Discussions. **Journal of Chemical Education**. Vol. 49, n°. 2, Feb, 2002. P. 187 – 192.
- MARTINS, R.A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA. C.C. **Estudos de história e filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- MATTEWS, M.R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.
- NUSSENVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. Vol 2, 4° ed. Editora Edgar Blucher, 2002.
- OLIVEIRA, P.M.C.; DECHOUM, K. Facilitando a compreensão da Segunda lei da Termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol 25, n° 4, Dezembro, 2003.
- OLIVEIRA, R.A.; SILVA, A.P.B. História da Ciência e o ensino de física: uma análise meta meta-históricográfica. In: PEDUZZI, L.O.Q. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: Editora da UFRN: 2012.
- PAGLIARINI, C.R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. (Mestrado em Educação em Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- PEDUZZI, L.O.Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC: 2005.
- QUADROS, S. **A termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 1996.
- SANTOS, Z. T. S. Uma perspectiva histórica e epistemológica para o ensino de entropia no ensino médio. Ln: **XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, 2008, Curitiba.
- SILVA, C.C.; MARTINS, R.A. A Teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da História da Ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v.9, n.1, p.53-65, 2003.