

Análise de uma discussão acerca de um dispositivo de movimento perpétuo

Analysis of a discussion about a perpetual motion device

Carlos Frederico Marçal Rodrigues

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física
Colégio Pedro II, Campus Humaitá II
fredcp2@yahoo.com.br

Deise Miranda Vianna

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física
deisemv@if.ufrj.br

Resumo

Apresentamos uma análise de uma discussão entre estudantes do ensino médio a partir de uma perspectiva inspirada pela sociologia da ciência de Bruno Latour com o apoio do *layout* de argumentos de Stephen Toulmin. O contexto é o de uma atividade investigativa de conteúdo CTS cujo tema é a degradação da energia. O ponto de partida é a leitura de um artigo publicado em jornal sobre um dispositivo de movimento perpétuo projetado para geração de energia elétrica. Pretendemos mostrar com um exemplo que a aprendizagem ou consolidação de conceitos físicos fundamentais, como a energia, pode ocorrer ao longo da busca coletiva de uma solução consensual para uma controvérsia tecnológica.

Palavras chave: energia, atividades investigativas, cts, argumentação, sociologia da ciência

Abstract

We present an analysis of a discussion among high school students from a perspective inspired by Bruno Latour's sociology of science with support of Stephen Toulmin's layout of arguments. The context is an investigative activity with STS content whose theme is the degradation of energy. The starting point is the reading of an article published in a newspaper about a perpetual motion device designed to generate electric power. We intend to show by example that the learning or consolidation of fundamental physical concepts, such as energy, can take place along the collective pursuit of a consensual solution for a technological controversy.

Key words: energy, investigative activities, sts, argumentation, sociology of science

Introdução

Na abordagem tradicional do conceito de energia nos cursos de Física no Ensino Médio é dada grande ênfase à modelagem de sistemas idealizados onde supostamente se verifica a

conservação da energia mecânica. Na maioria dos livros didáticos, é proposto um grande número de exercícios nos quais a prática de negligenciar as forças dissipativas afasta os resultados daquilo que se espera em condições realistas. Em muitos casos, os resultados numéricos obtidos ferem o bom senso e a experiência cotidiana, o que contribui para a formação de uma visão distorcida da Física. A degradação da energia é inseparável do próprio conceito de energia num sentido amplo que vai além da energia mecânica. A conservação da energia ganha significado na interpretação do mundo físico quando formas menos nobres ou organizadas passam a integrar as considerações sobre fenômenos reais.

O texto dos PCN pontua explicitamente o desinteresse tradicional com relação ao tema da degradação da energia e reforça a necessidade de sua abordagem no Ensino Médio.

A omissão dessa discussão da degradação da energia, como geralmente acontece, deixa sem sentido a compreensão da própria conservação da energia e dos problemas energéticos e ambientais do mundo contemporâneo. (BRASIL, 2000, p.26).

A inevitabilidade da degradação da energia é responsável pela frustração do sonho compartilhado por um sem número de inventores que, há pelo menos quatro séculos, tenta conceber e implementar dispositivos de movimento perpétuo. Como qualquer resultado consagrado pela tradição científica, a segunda lei da Termodinâmica não deve ser vista como um pilar imune a ataques e desafios, mas é possível aproveitar o insucesso de todos os esforços feitos neste sentido, antes e depois da formulação das primeiras versões da segunda lei no século XVIII, como insumo para a construção de uma proposta de atividade de sala de aula. Uma atividade que objetive estabelecer a ponte entre a conservação da energia no contexto da Mecânica e a Termodinâmica, em especial, a segunda lei.

Referencial teórico

Faremos uma proposta de atividade que pretende deslocar o estudante para o papel de protagonista no processo de ensino-aprendizagem. Expõe-se um problema cuidadosamente escolhido e formulado pelo professor de acordo com objetivos específicos e fomenta-se uma discussão de possíveis soluções, numa perspectiva que vem sendo denominada ensino por investigação.

O ponto de partida de uma atividade investigativa é a proposição do problema. A construção de novos conhecimentos decorre da investigação de possíveis soluções. Assim, a solução de problemas não pode ser encarada como um momento desvinculado daquele da aprendizagem de conteúdos. Fazer essa separação, como muitas vezes ocorre na prática de sala de aula, tende a produzir uma visão deformada do que é ciência (AZEVEDO, 2004).

Os estudantes estão imersos em um mundo onde interagem o espaço social, o natural e o artificialmente construído e despendem esforços na tentativa de dar sentido à sua observação cotidiana articulando esses espaços de forma integrada (AIKENHEAD, 1996). Para o planejamento de uma atividade que seja verdadeiramente relevante para o aluno levando em conta as relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), Aikenhead (1996) sugere uma sequência a ser observada. A atividade deve se iniciar com um problema que surge no espaço social e exige, para o seu entendimento, o contato com algum tipo de tecnologia, ainda que superficialmente. Problemas tecnológicos são quase sempre relacionados a questões sociais e tem maior potencial para atrair o interesse do estudante que questões de ciência pura tradicional. A ciência tradicional surge como forma de compreender o problema tecnológico de modo a permitir que o estudante retorne ao exame da tecnologia e, por fim, possibilite a reconsideração ou tomada de posição no espaço social.

Para avaliar as discussões entre os alunos, pode-se adotar uma estrutura padrão de argumentos a ser identificada em suas falas. O modelo de *layout* de argumentos de Toulmin (2006) tem se mostrado útil e vem sendo aplicado em diversas pesquisas na área de ensino de ciências (GUERRERO, 2007). A estrutura pode ser resumida da seguinte forma: “Dado que (D) já que (W) por conta de (B) então (Q) (C) a menos que (R)”.

Na estrutura, (D) representa o “Dado” e (C) a “Conclusão”. O dado é uma observação ou informação factual a partir da qual deriva diretamente a Conclusão. O elemento (W) representa as “Garantias”, ou seja, os pressupostos que permitem fazer o passo lógico que vai de (D) a (C). Embora os dados devam ser necessariamente apresentados de modo explícito, é natural que as garantias estejam estabelecidas implicitamente. Garantias diferentes podem conferir diferentes graus de força ao argumento e os critérios que definem essa força são dependentes de contexto. Abaixo das garantias estão as bases (B) que a sustentam. Quase sempre implícitas, as bases são informações factuais que servem como mecanismo justificatório da garantia, quase sempre apresentadas nos casos em que é desafiada.

Um ponto importante da teoria de Toulmin é o reconhecimento de que não é necessário que uma conclusão seja inequívoca para constituir estruturalmente um argumento. Qualificadores modais (Q), como “possivelmente” ou “provavelmente”, podem ser agregados à conclusão como forma de explicitar o grau de comprometimento pessoal do argumentador com ela. A condição de refutação (R), que pode ou não ser explicitada, limita o campo de validade da conclusão e protege a credibilidade de quem a apresenta.

Desenvolver a habilidade de argumentar é, por si só, um dos objetivos gerais do ensino (JIMENEZ, 2010), mas é importante avaliar também até que ponto o conteúdo específico, nesse caso associado à Física, foi aprendido. Para tais considerações, o padrão Toulmin é insuficiente por sua própria natureza campo-invariante. Fazemos a opção por uma perspectiva geral que se inspira no trabalho de sociologia da ciência de Bruno Latour, em especial, nas três primeiras das sete regras metodológicas estabelecidas na obra “Ciência em ação” (LATOURE, 2011). É evidente que o objeto de análise de Latour, o desenvolvimento da ciência e da tecnologia reais, é muito diferente do processo de ensino-aprendizagem que se estabelece numa sala de aula do ensino básico. O transplante artificial da teoria de um contexto a outro ganha sentido na medida em que não se coloca como prescrição rígida de critério de análise. Será antes a escolha de um olhar sobre a produção do conhecimento escolar que busca a superação da dicotomia colocada entre quem e o que se conhece (OLIVEIRA, 2006).

Regra 1. Estudamos a *ciência em ação*, e não a ciência ou tecnologia pronta; para isso, ou chegamos antes que fatos e máquinas se tenham transformado em caixas-pretas, ou acompanhamos as controvérsias que as reabrem. (LATOURE, 2011, p. 405)

Ciência pronta é o status de uma teoria científica, ou artefato tecnológico, já consagrada por um longo e complexo processo de consolidação e transmutada de uma hipótese dentre outras em fato ou verdade científica. Ao transitar do estágio de ciência em ação para o estágio de ciência pronta, um produto científico torna-se, como denominado por Latour, uma “caixa-preta”. Às ações efetivas do professor no tempo da atividade, a primeira regra sugere que apontem para a abertura de caixas-pretas. Ainda que seja preciso fazer escolhas com relação a quais caixas devem ser abertas e quais podem ser deixadas confortavelmente fechadas, é importante ter em mente que o objetivo é promover o processo que leva ao fechamento da caixa e não sua contemplação quando já lacrada.

Regra 2. Para determinar a objetividade ou subjetividade de uma afirmação, a eficiência ou a perfeição de um mecanismo, não devemos procurar por

suas qualidades *intrínsecas*, mas por todas as transformações que ela sofre *depois*, nas mãos dos outros. (LATOURET, 2011, p. 405)

Para a análise de uma controvérsia científica, Latour introduz o conceito de modalidade que, em primeira ordem, pode ser entendido como uma divisão em apenas duas classes: positiva e negativa. Modalidades são sentenças que fazem uso de outra qualificando-a ou modificando-a. O conceito é importante porque facilita a identificação da formação de alianças no decorrer de uma controvérsia. Modalidades positivas afastam o enunciado de suas condições de produção, reforçando-o ao assumi-lo como verdadeiro. Modalidades negativas levam o enunciado em direção às suas condições de produção, questionando-o em suas bases.

Regra 3. Como a solução de uma controvérsia é a *causa* da representação da Natureza, e não sua consequência, nunca podemos utilizar essa consequência, a Natureza, para explicar como e por que uma controvérsia foi resolvida. (LATOURET, 2011, p. 405)

Adaptar e aplicar a terceira regra à análise das discussões em sala de aula é uma tarefa delicada e potencialmente perigosa. Essa dificuldade provém do fato de que, no caso do ensino e não da ciência real, há uma representação da Natureza bem estabelecida por detrás da prática e é objetivo do ensino, embora não o único, que o aluno construa essa representação e não outra. Então de que modo essa regra pode ser útil? Num primeiro momento, o da sala de aula, reforça a ideia de que o professor deve evitar a postura de árbitro ou detentor de uma verdade pré-existente. No momento da análise de resultados, impõe a inserção da afirmação feita pelo aluno naquele momento específico da discussão, evitando o julgamento de valor da afirmação em si, preferindo avaliar sua consistência estrutural como argumento e sua coerência localizada no tempo da controvérsia.

A atividade

A proposta de atividade encontra-se detalhadamente descrita na forma de material para o professor e material para o aluno como parte de um capítulo (RODRIGUES, 2012) da obra publicada pelo grupo PROENFIS do qual fazemos parte.

O problema é proposto na forma de duas perguntas formuladas ao final de um texto fornecido aos alunos. O texto é um recorte de trechos de uma reportagem publicada em jornal (KRITSCH, 2000) que relata o projeto de construção de uma máquina hidráulica para geração de energia elétrica na Ilha de Canárias, no Maranhão.

Na reportagem, são descritos os graves problemas enfrentados pela população da ilha devidos à escassez de energia elétrica. Um mecânico amador residente na comunidade, Sr. Pedro Costa, idealiza e obtém financiamento para o projeto de construção de uma máquina hidráulica que solucionaria o problema do fornecimento de energia. O funcionamento esperado da máquina é descrito no trecho citado a seguir.

O sistema idealizado por Costa, um mecânico autodidata, funciona com a força da água, armazenada em uma caixa com capacidade para 4000 litros, a 13,5 metros de altura. Um cano de PVC despeja a água sobre a maior das rodas da engenhoca, com 6,5 metros de raio. Essa roda possui 47 canecas que podem receber, cada uma, 25 litros de água. (...) A energia resultante do movimento vai acionar um gerador. Ele vai alimentar a comunidade e uma bomba, que recolocará a água despejada pelas canecas da roda grande na caixa. (KRITSCH, 2000, p. D10).

A máquina é um moto-perpétuo de primeira espécie, ou seja, viola a conservação da energia ao supor que o trabalho realizado pela roda seja maior que a energia potencial inicial. Retirada

a necessidade de fornecer energia elétrica, a máquina se tornaria um moto-perpétuo de segunda espécie, ou seja, não violaria a conservação da energia, mas precisaria supor rendimento unitário em todos os processos de transformação. Isto é feito na segunda das duas perguntas propostas aos alunos.

1. Se você fosse morador da ilha, incentivaria o projeto com ajuda financeira? Caso afirmativo, por que? Caso negativo, por que?
2. Caso o objetivo da máquina fosse apenas manter a roda em movimento e não fornecer energia elétrica às residências, poderia funcionar? Por que?

A atividade foi aplicada em turmas da segunda série do ensino médio regular de uma escola pública federal localizada na zona norte do Rio de Janeiro (RJ). A aplicação foi feita no período de dezembro de 2012, num momento do ano letivo em que alunos já haviam estudado as leis de conservação na Mecânica e a primeira lei da Termodinâmica.

Análise de dados

Analisamos agora trechos selecionados da transcrição da discussão estabelecida em um dos grupos durante a realização da atividade. Os nomes aqui citados (Eduarda, Maria, Luana, Clara e João) são fictícios.

No início da discussão, quatro dos cinco integrantes do grupo mostram uma clara tendência de adesão ao projeto da máquina, com base em argumentos que consideram aspectos sociais mas não levam em conta o problema da conservação da energia.

29. Eduarda: Ah, eu não sei, eu acho que, tipo, uma coisa que nunca deu certo, que as pessoas tentam há muito muito tempo. Se eu morasse num lugar...
30. Luana: Cara, mas é a esperança deles também, né? [interrompendo]
42. João: Eu acredito que pode funcionar porque... ué, porque precisa tentar. Agora, eu acho que daria certo porque com os inventos agora da Hidráulica, muita coisa, as bombas hidráulicas vem mudando, os sistemas hidráulicos são muito diferentes agora. Principalmente agora, a Engenharia, a Engenharia Mecânica no estudo da... no estudo da... da Hidráulica e da Pneumática, ela agora tá muito mais avançada do que antes. Eu acho que, pô, tem recurso suficiente pra poder fazer isso funcionar.
43. Maria: Eu acho que se ninguém tentar nunca vai acontecer. Eu incentivaria, se tivesse dinheiro. (risos)
44. Clara: Eu também.
45. João: Ah, eu daria.

A única voz dissonante é a de Eduarda, mas sua objeção à máquina é pouco conclusiva e é facilmente desconstruída por João, que vem a conseguir a adesão dos demais colegas. Segundo João (turno 42): “(Dado que) (D) os sistemas hidráulicos são muito diferentes agora (já que) (W) a Engenharia Mecânica no estudo da Hidráulica e da Pneumática, ela agora tá muito mais avançada do que antes, eu acredito que (Q) pode (C) funcionar”. Eduarda tenta questionar o posicionamento dos colegas e, pela primeira vez na discussão, surge o conceito de energia de forma clara. Porém, não há a construção de um argumento estruturado e a aluna não consegue angariar aliados.

46. Eduarda: Mas a ideia é o sistema se manter sozinho pra sempre?
47. Luana: Aham. É.
48. Eduarda: É como se ele cedesse energia mas continuasse a ter a mesma energia pra continuar rodando? É isso?
49. João: Enquanto tiver água...
50. Luana: É, a roda dele não para.
51. Eduarda: Então ele perde energia e não perde energia? Paradoxal. Só isso.

A discussão prossegue com o exame de dados técnicos da máquina fornecidos no texto e o posicionamento do grupo a favor do projeto torna-se cada vez mais forte. O problema da energia não parece, à primeira vista, um impedimento inequívoco à eficácia do sistema.

118.João: Eu entendi, eu entendi. Por exemplo, quatro mil litros de água em cima e 13,5 metros de altura. Ele vai girar. Uma hora vai começar a dar energia no gerador muito embora tenha muita água em baixo. Quando o gerador começar a ter energia elétrica suficiente ele vai impulsionar a bomba e...

O grupo então fecha questão com relação à resposta à primeira pergunta. Inicia-se a discussão da segunda e rapidamente fica claro que a resposta deve ser afirmativa também.

158.Maria: Mas isso é mais fácil que fazer esse movimento gerar energia. Ainda mais pras proporções que ele quer. Entendeu? Tipo assim. Conseguir colocar a roda em movimento ele já conseguiu.

A afirmativa de Maria pode ser entendida como uma modalidade positiva com relação ao enunciado de que a máquina pode funcionar. Ao responder com um “sim” a primeira questão, a resposta afirmativa à segunda decorre diretamente. Dessa forma, a fala do turno 158 vem a reforçar a posição coletiva favorável à máquina ao assumi-la como caixa-preta.

Neste ponto, vale a pena recorrer à terceira regra metodológica de Latour para compreender que a posição do grupo não pode ser classificada como erro. Não há, neste momento da discussão, clareza quanto à conservação da energia ou sua aplicabilidade ao caso específico. Assim, não é possível fazer uso de uma arbitragem externa que se baseia em uma representação da Natureza ainda ausente. Cabe ao professor o entendimento de que a controvérsia ainda não pode ser dada como encerrada e de que seu papel é o de oferecer questionamentos que possam alimentar a sequência da discussão.

Para mudar o quadro, Eduarda, a única voz ainda dissonante, precisa apresentar algum tipo de modalidade negativa, ou seja, precisa questionar as bases que sustentam a posição do grupo. Isto ocorre quando a aluna traz à tona a questão da degradação da energia.

161.Eduarda: Mas é por isso que eu acho que movimento contínuo é algo que vai ser muito difícil dele conseguir. Porque você vai perder muita energia, então, tipo, você pode conseguir ficar muito tempo girando a roda mas em um momento você vai perder muita energia. Porque você vai perdendo de pouquinho em pouquinho. Você vai perder com atrito, você vai perder com...

162.João: Mas olha só, mas essa questão da energia, vai ser toda repostada pela pressão que a bomba hidráulica vai repor no sistema. Porque o gerador de energia elétrica, ele vai oferecer energia pra bomba hidráulica e a bomba hidráulica vai estar sempre jogando pressão na água.

O argumento não é inequívoco e a aluna encontra dificuldades em formular uma estrutura mais robusta e convincente: “(Dado que) (D) você vai perder muita energia (já que) (W) você vai perder com atrito (C) eu acho que movimento contínuo é algo (Q) muito difícil dele conseguir”. Esse argumento inicial não atrai aliados e João continua a centralizar a posição coletiva de que é possível compensar a perda de energia com a ação da bomba hidráulica. Eduarda então chama a participação do professor na discussão buscando aprofundar seu argumento de modo a atrair aliados e mudar a posição dos colegas.

337.Eduarda: Então ele vai produzir uma energia 2X. Eu que inventei 2X, é uma energia qualquer.

338.Professor: Mas quanto a água tinha antes?

351.Eduarda: Pera. Tem que ser a energia da gravidade, mas se ela vai girando, ela vai ter que ser menor do que a que chegar no final porque quando chegar no final ela foi aumentando por causa da velocidade da roda, não? Mas é a energia cinética que eu vou usar pra produzir energia.

352.Professor: Sim.

353.Eduarda: Mas eu só converti, professor. Então é a mesma energia! Então não tem como produzir energia extra! Chega no final a mesma energia! [agitada]

356.Eduarda: Péra! Péra! Olha só, começou com uma energia X, energia potencial X.

357.Professor: Certo.

358.Eduarda: A energia mecânica lá que vai produzir a cinética. Quando chegar no final, a energia cinética da roda menor vai girar o gerador e vai produzir a mesma energia X, sendo que elétrica agora. Quando ela produzir essa energia elétrica, eu vou ter energia elétrica X. Se a minha bomba, ela precisar de energia metade de X, tipo, se X for mil e a minha bomba precisar de quinhentos, eu vou usar quinhentos pra bomba, pra água subir, e vou mandar quinhentos pra cidade.

359.Professor: Mas quanto você vai precisar pra água subir?

360.Eduarda: A energia pra alimentar da bomba.

361.Maria: Mas a água vai voltar pro mesmo lugar então precisa da mesma energia.

371.Eduarda: A bomba vai ter que vencer a mesma energia potencial, a mesma que fez com que a água descesse no começo.

372.Luana: É.

373.Eduarda: Por isso eu disse que era paradoxal! Vocês ficaram me confundindo!

Após a discussão de Eduarda, com a participação do professor e a contribuição fundamental de Maria (turno 361), o problema da conservação da energia surge com mais clareza e a aluna então consegue formular o argumento inequívoco que atrairá a aliança dos colegas e terminará por mudar a posição coletiva do grupo. Vale notar que o aprofundamento da discussão passa pela necessidade de matematização da análise do projeto e que essa necessidade surge de uma iniciativa dos alunos e não do professor.

399.Eduarda: Então é possível eu deixar essa roda girando eternamente mas não é possível produzir energia e deixar ela girando eternamente.

400.Professor: Por que?

401.Maria: Porque ela não vai conseguir vencer o desnível.

402.João: Vai ter um déficit de energia.

403.Eduarda: Porque eu tenho energia suficiente pra fazer ela continuar. Porque, do tipo, a energia potencial vem, vira cinética, vira elétrica e a elétrica faz a potencial voltar pro mesmo lugar. Então eu continuo com o mesmo sistema e, se eu ignorar a perda de energia, tipo... [pausa: 5 segundos] Não pode ignorar! Nem isso! A roda vai parar de girar! Tá vendo? Tá vendo? Olha só, ia ficar igualzinho se não tivesse atrito, não tivesse nada, mas tem atrito. Eu não posso ignorar, então ela nem vai produzir energia elétrica e nem vai girar pra sempre. Eu falei isso no início e vocês disseram que eu era maluca! Viu? Viu? [muito agitada]

404.Maria: Eu não disse que você era maluca!

405.Eduarda: Acabei de provar! Anota aí! Anota aí, gente!

Após a discussão, Eduarda consegue (turno 403) estruturar seu argumento inequívoco e completo contrário ao projeto da máquina: “(Dado que) (D) a energia potencial vem, vira cinética, vira elétrica e a elétrica faz a potencial voltar pro mesmo lugar (já que) (W) eu não posso ignorar a perda de energia (C) então ela (Q) nem vai produzir energia elétrica e (Q) nem vai girar pra sempre”. A partir deste ponto não há mais oposição ao argumento da aluna e o grupo fecha questão com relação às duas perguntas. A conservação da energia ganha *status* de caixa-preta para o grupo e dela decorre a conclusão de que não vale a pena investir na máquina.

É interessante apontar que, no restante do diálogo, após o turno 405, a conservação da energia é assumida pelos estudantes como uma verdade pré-existente, embora não estivesse presente de fato na maior parte da discussão, o que nos remete à questão da representação da Natureza como consequência e não causa da solução da controvérsia, expressa na terceira regra de Latour. Como exemplo, podemos citar um comentário posterior feito por Maria: “Mas se o Professor sabe disso, por que ele não conta pro inventor?”

Considerações finais

Esperamos ter contribuído, com este exemplo de discussão entre estudantes, com a convicção de que uma controvérsia sócio-científica pode ser uma forma de consolidar a aprendizagem de conceitos centrais da Física, como o conceito de energia. Entretanto, é necessário que a proposta de atividade objetive a criação deste tipo de controvérsia apresentando um problema tecnológico de interesse social e exigindo dos estudantes uma tomada de posição coletiva e consensual. A ação do professor é importante no desenrolar das discussões no sentido de fomentar questionamentos que possam trazer à tona a representação da Natureza que se pretende ensinar, porém, a posição de árbitro externo que julga o certo e o errado deve ser sempre evitada pois impossibilita a criação de um ambiente de autonomia e livre discussão.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos o apoio da FAPERJ, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

Referências

AIKENHEAD, G.; SOLOMON, J. STS Education: International Perspectives on Reform. New York: Teachers College Press, 1994. Cap. 5. Disponível em <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/sts05.htm> Acesso em 21/03/2013

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.) *Ensino de Ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33. 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: 2000.

CHAMIZO GUERRERO, J. A. Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 2007. p.133-146.

JIMENEZ – ALEIXANDRE, M.P. El alunado argumenta se si su papel en classe lo requiere. In: *10 Ideas Claves – Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Espanha. Editorial Graó, 2010. p.155-171.

KRITSCH, R. Ilha das Canárias, no Maranhão, vive o sonho do moto-contínuo. *O Estado de São Paulo*, caderno especial: Descobrimo o Brasil, São Paulo, p. D10-11, 13 fev. 2000. Disponível em (página d10) <http://acervo.estadao.com.br/pagina/-!/20000213-38834-nac-0214-cd2-d10-not> (página d11) <http://acervo.estadao.com.br/pagina/-!/20000213-38834-nac-0215-cd2-d11-not> Acesso em 21/03/2013

LATOUR, B. Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. 2ª edição. São Paulo: Unesp, 2011.

OLIVEIRA, M. A. Estudos de laboratório no ensino médio a partir de Bruno Latour. *Educação e Realidade*. v.31(1). Pg. 163-182. UFRGS, 2006. Disponível em <http://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/view/22994/13267> Acesso em 30/03/2013.

RODRIGUES, C. F. M. Irreversibilidade In: VIANNA, D. M. (org.) *Temas para o ensino de Física com abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Rio de Janeiro: Bookmakers, 2012. p.112-134.

TOULMIN, S. E., Os usos do argumento. 2ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 2006.