



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

O CONCEITO DE TRABALHO DE UMA FORÇA EM LIVROS DIDÁTICOS

Jornandes Jesús Correia³⁰⁴
(UESB)

Wagner Duarte José**
(UESB)

RESUMO

Percebe-se que o significado físico de trabalho de uma força está vinculado ao conceito de energia e que a definição de um não se completa sem o outro. Energia, enquanto grandeza física, é compreendida melhor quando fundamentada pelos Conceitos Unificadores, propostos por Angotti. É uma grandeza física de grande conotação e de pequena denotação. Neste trabalho analisamos o conceito de “trabalho de uma força” em livros de texto e apresentamos uma definição dessa grandeza física, considerando uma abordagem histórica das formas de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Livro didático; Ensino de Física; campo conceitual.

INTRODUÇÃO

Segundo Cattani e Fernandes (1975), o estudo da Física é feito através de um encadeamento em que se misturam fatos novos com os já conhecidos e leis novas com as já estabelecidas. Nesse encadeamento, velhas leis são utilizadas na descrição de fatos novos ou mesmo na ampliação dos já estudados. Quando leis

³⁰⁴ Doutor em física, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. E-mail: jjcorreia57@gmail.com

** Doutor em física, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. E-mail: wagjose@gmail.com



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

conhecidas são insuficientes para a descrição de novos fenômenos, novas leis deverão ser formuladas (BASSALO, 1987, p. 428).

A definição de trabalho de uma força é apresentada pela primeira vez nas séries iniciais do nível médio de ensino. A abordagem nos livros didáticos limita-se, na maioria das vezes, ao uso de uma expressão matemática para o trabalho de uma força e, logo em seguida, uma apresentação do seu resultado numérico. Esse método de ensino apenas estima habilidades na manipulação de expressões matemáticas.

Embora saibamos que a representação matemática para quantificar os fenômenos físicos, pode induzir obstáculos, sob o ponto de vista didático, que dificultam a aprendizagem. A aprendizagem de conceitos de grandezas físicas é lenta e sequencial. A aprendizagem é ao mesmo tempo sobre o seu conceito, quanto à representação matemática do fenômeno. Definir trabalho é muito simples sob o ponto de vista da representação matemática, pois envolve o produto de duas grandezas físicas vetoriais previamente definidas, como os vetores força e deslocamento, mas a sua interpretação é difícil e ambígua. Segundo Rocha (2002, p.22),

Einstein ficou impressionado com a quantidade de conceitos newtonianos que só neste século foram devidamente aprofundados. A própria relação $F=ma$, que se ensina nos colégios e universidades com tanta naturalidade, está, na verdade, envolta de ambiguidades.

Grandezas físicas como força (PEDUZZI; PEDUZZI, 1985; SOUZA CRUZ, 1985) e deslocamento são definidas com ambiguidades. Então, a definição de trabalho em livros didáticos não poderia ser diferente, por se tratar de uma grandeza que depende da compreensão de força e de deslocamento.

Associar uma lei física com um fenômeno natural é algo ainda desafiador para o ser humano em processo de alfabetização científica. Neste trabalho, verificamos as



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

concepções de “trabalho de uma força” e de “energia” em livros didáticos e propomos uma conceituação de trabalho de uma força condizente com a história da ciência, dada a ambiguidade das definições que ora se encontram nos livros de texto.

Por que estudar trabalho de uma Força?

A pesquisa sobre os conceitos da Física é de importância fundamental, uma vez que discussões sobre campos conceituais exigem o domínio da linguagem. Nesse sentido, a formulação do pensamento científico requer certo grau de precisão, amparada pela maturidade científica, para representar adequadamente um dado fenômeno. Conforme Leite e Almeida (2001, p.459)

Muitas palavras do vocabulário corrente são usadas em Física com um significado preciso e bem definido, e frequentemente os alunos, familiarizados com o sentido comum dessas palavras, não se apercebem do seu significado específico no contexto da Física.

Trabalho de uma força tem um significado na Física, enquanto que no senso comum tem outro. Segundo Bachelard (1996), o conhecimento consolidado pode dificultar a compreensão se este for abordado sob nova linguagem, quando se propõe uma mudança conceitual. As reflexões sobre trabalho e energia que ora são discutidas vão num sentido contrário, uma vez que uma nova definição pode esclarecer uma ideia antiga, facilitando a transformação de informação em conhecimento. Conforme afirma Leite e Almeida (2001, p.458)

Na evolução geral de um indivíduo, à medida que a linguagem e o pensamento se desenvolvem as componentes semânticas das palavras alteram-se e associam-se novos significados e palavras já conhecidas. Podemos entender como processo semelhante à aquisição, na escola, de novos significados para certas palavras de uso comum, mas integrando agora uma linguagem que se quer cientificamente correta.

Vários autores que têm seus artigos publicados na revista Física na Escola externam suas angústias em relação às ambiguidades de alguns conceitos da Física. Dentre várias grandezas físicas com definições pouco claras, pode destacar o conceito de cor; “a atribuição de cores às várias regiões do espectro visível é algo arbitrário, já que a cor é fundamentalmente um conceito psicológico e não uma quantidade física mensurável” (SILVA, 2007, p. 25).

Cachapuz et al (2005) pesquisam o entendimento do trabalho de uma força, visando a compreensão do seu significado físico, a sua relação com o conceito de energia e sugerem esforços na clarificação desses conceitos.

Gibert (1982), em seu livro “Origens Históricas da Física Moderna” afirma que o termo “energia” nasceu com o significado de “capacidade de fornecer trabalho” e traça um histórico desde sua origem, passando pelos tipos de energia. Entretanto, a relação entre essas grandezas, sob o ponto de vista da Termodinâmica, possibilita prever que nem toda energia, em forma de calor, pode ser convertida em trabalho de uma força e ainda, que a equivalência entre calor e trabalho destruiu o sonho de se construir uma máquina de movimento perpétuo (*perpetuum mobile*), ou moto-contínuo.

O que os Livros Didáticos dizem a respeito

Nesta seção, pretende-se descrever como dois livros didáticos aprovados e distribuídos às escolas pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio de Física (PNLEM), ano 2009, tratam esse conteúdo. Os livros selecionados são Física (MÁXIMO e ALVARENGA, 2009) e Física – Ciência e Tecnologia (PENTEADO; TORRES, 2005). A escolha desses dois livros é devido ao fato que estão sendo “adotados” em escolas do Município de Vitória da Conquista – Bahia, onde



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

atualmente há estudantes do curso de licenciatura em Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia realizando estágio supervisionado.

Apesar do livro adotado não representar a escolha dos professores, o primeiro livro é “adotado” por uma escola e o segundo por outras três. Nesse município existem mais quinze escolas estaduais de ensino médio e que adoram outros livros distribuídos pelo PNLEM.

Física – volume 1 (MÁXIMO; ALVARENGA, 2009)

Nesse livro, o tema “trabalho e energia” é apresentado no oitavo capítulo, Conservação de energia, que inicia com uma breve menção a problemas relacionados à produção e consumo de energia no mundo, com uma foto de uma usina nuclear e manchetes da mídia chamando atenção para o papel da energia na atualidade. Esta exposição não é significativamente aproveitada ou trabalhada. Diferentemente, no final do capítulo os autores fazem destaques para aplicações e problemas tecnológicos ligados ao consumo de energia no mundo.

A abordagem histórica ou o uso da História da Ciência neste capítulo são pífios, com apenas algumas citações de nomes e respectivas contribuições, como James Joule, James Watt e Robert Hooke. Há uma menção mais detalhada a Albert Einstein no final do capítulo, mas circunscrita à obtenção da expressão relativista da equação massa-energia e seu significado físico, exemplificado pelas explicações dos fenômenos de fissão nuclear, aniquilação de par e energia irradiada pelo Sol.

É neste sentido que aparecem as aplicações tecnológicas ao longo do capítulo, normalmente para explicitar alguma relação do conteúdo com o cotidiano. Em que pese o conteúdo e apresentação de outros capítulos que não são objetos da análise ora proposta, este capítulo faz jus à crítica proferida pela comissão de avaliação do livro didático (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2008).

Os conceitos de trabalho e energia são introduzidos formalmente nesse capítulo a partir da definição matemática de trabalho de uma força. Sua operacionalização e

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

comentários a respeito do caráter escalar da grandeza trabalho e do sentido vulgar desta (uso cotidiano), sugerem ao professor uma ênfase no esclarecimento do tema pelo viés de sua aplicação matemática, finalizando a primeira seção com o cálculo do trabalho da força resultante. Este traço característico de uma formação de caráter teórico dos cursos de graduação do país permanece ao longo de todo o capítulo, sendo reforçado pelos exemplos e exercícios de fixação, que são fundamentais para o entendimento do conteúdo.

Na sequência, os autores introduzem o conceito de potência, por meio da razão entre o trabalho realizado pela força e o tempo decorrido para sua realização, e partem para estabelecer a relação entre trabalho e energia cinética, introduzindo, nesta seção, o conceito de energia:

A energia é um dos conceitos mais importantes da Física e talvez o termo energia seja um dos mais empregados em nossa linguagem cotidiana. [...] Na Física costuma-se introduzir o conceito dizendo que “a energia representa e capacidade de realizar trabalho”. Acreditamos que isto constitui, pelo menos, um modo de começar o estudo de energia, como estamos fazendo agora. Assim, diremos que um corpo possui energia se ele for capaz de realizar um trabalho. (grifo dos autores)

O texto segue mencionando diversas formas de energia e suas transformações para, logo após, introduzir energia cinética com uma ilustração de um bloco em movimento que se choca com uma mola e outra ilustração de colisão entre um carro em movimento e outro parado, induzindo o leitor a entender que “qualquer corpo em movimento tem capacidade de realizar trabalho e, portanto, um corpo em movimento possui energia”, definindo-a como energia cinética e apresentando sua expressão matemática ($E_c = mv^2/2$).

Após resolver um exemplo de aplicação desta fórmula para um bloco com certa velocidade colidindo com uma mola, calculando também o do trabalho realizado pelo bloco por meio da perda de sua energia cinética, os autores destacam o



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

sentido do expoente quadrado da velocidade na expressão para E_c e derivam matematicamente a expressão para o trabalho realizado sobre um corpo como variação de sua energia cinética, exemplificando com outro exercício numérico.

As seções seguintes introduzem a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica, seguindo o mesmo padrão e relacionando-as com o conceito de trabalho, mantendo o caráter intuitivo da frase “a energia representa a capacidade de realizar trabalho”. Após novos exemplos e exercícios, numéricos em sua maioria, é a vez de introduzirem forças dissipativas ou não-conservativas, a conservação da energia mecânica e o princípio geral de conservação da energia: “A energia pode ser transformada de uma forma em outra, mas não pode ser criada nem destruída; a energia total é constante”.

Nessa seção, após os exercícios de fixação, aparecem dois quadros destacando a energia no mundo; o primeiro sobre consumo de energia e população, enquanto que o segundo destaque é para energia nuclear e energia hidrelétrica, apresentando dados e gráficos sem citar as fontes consultadas. A penúltima seção apresenta exemplos de aplicação da conservação da energia mecânica incluindo o cálculo de velocidade de escape, enquanto a última destaca o tópico especial da relação massa-energia de Einstein mencionado anteriormente.

O capítulo termina com uma sugestão de questões de revisão, que buscam incentivar a elaboração de um resumo das principais ideias discutidas e de quatro experiências consideradas simples pelos autores, seguido de um grande número de problemas e testes, questões de vestibulares e problemas suplementares.

Física – Ciência e Tecnologia (PENTEADO; TORRES, 2005).

A proposta dos autores deste livro é desenvolver alguns conceitos a partir de uma situação concreta, outros em um contexto histórico ou segundo os avanços da tecnologia, “mantendo-se, contudo, o rigor científico e fazendo uso das noções matemáticas necessárias para os alunos do Ensino Médio”.



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

No capítulo cinco, o conceito de quantidade de movimento ou momentum linear é introduzido como uma especulação filosófica de pensadores do século XVII, tendo René Descartes como filósofo ou cientista que começou a desvendar a questão, propondo a definição de uma grandeza escalar (produto da massa pela velocidade do corpo) que se manteria invariável. Além deste, é citado o físico francês Edmé Mariotte, por ter apresentado o primeiro tratado compreensivo sobre as leis dos choques elástico e inelástico, e o físico e matemático inglês Isaac Newton, a quem coube “formular de maneira correta e completa a hipótese de Descartes”.

A “chamada” do capítulo seguinte, “Energia e trabalho”, menciona a importância da máquina a vapor no século XIX, que contribuiu para a Inglaterra se tornar uma potência mundial, a introdução dessa tecnologia no Brasil e a construção da primeira estrada de ferro, destacando que a energia está inserida em todos esses conhecimentos, sendo a base de toda a sociedade, e cabendo à Física estabelecer os princípios de sua utilização.

A primeira seção destaca as várias formas de energia e fotos ilustrando algumas delas, a fim de concluir:

Energia é usualmente definida como “a capacidade de realizar trabalho”, mas essa definição não é completa. Pelos exemplos dados, podemos perceber que um corpo possui energia se for capaz de provocar uma mudança em si mesmo ou em sua vizinha. (grifos dos autores)

Na seção seguinte, os autores apontam que a demanda cada vez maior de carvão no século XVIII implicou na necessidade de se retirar água de minas cada vez mais profundas, problema que foi resolvido pelo cientista inglês James Watt ao aperfeiçoar a máquina a vapor, estimulando a criação de novas máquinas e permitindo o avanço da Revolução Industrial e das ciências, chegando à importância de se calcular e melhorar a eficiência de várias máquinas térmicas.

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

Percebe-se que a contribuição da história da ciência presente neste capítulo traduz o entendimento dos autores de que se pode introduzi-la aos poucos, conforme a abordagem do conteúdo requer. Entretanto, a superficialidade do contexto histórico-social, a imagem de triunfos de cientistas e a linearidade da ciência são traços presentes que atestam as observações destacadas no Guia do Livro Didático (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2008).

A fim de se medir a quantidade de trabalho realizado, o texto segue apresentando a expressão matemática para trabalho de uma força, do trabalho resistivo e motor, e calcula o trabalho de uma força variável, com exemplos e exercícios. Na seção seguinte, os autores relembram que “o trabalho realizado por uma força é uma medida da quantidade de energia que tal força transfere a um corpo ou a um sistema”, introduzem energia cinética e sua expressão matemática, assim como o teorema da energia cinética e apresentam um exercício resolvido. Então, explicam o funcionamento da turbina de um avião a jato como aplicação tecnológica desse teorema. Para encerrar a seção, definem energia potencial gravitacional e energia potencial elástica com suas respectivas formulações matemáticas, relacionando-as com o trabalho da força.

A conservação da energia aparece na penúltima seção, no início da qual se lê:

Há muito tempo os cientistas perceberam que a quantidade de energia de um sistema é uma grandeza invariável. A energia não pode ser criada e tampouco destruída; pode apenas se converter de uma determinada forma para outra.

São destacados exemplos de conservação da energia mecânica, por meio de tabelas e gráficos, e uma proposta experimental que consiste em verificar que uma bola de basquete amarrada a um apoio e solta de uma determinada altura não ultrapassa a mesma altura em seu retorno. Novos exemplos e uma reportagem de uma revista intitulada “A ciência vai ao parque” encerram a seção. Finalmente, os autores apresentam o conceito de potência, seu cálculo aplicado ao consumo de energia

elétrica em uma residência e apresentam sugestões para-didáticas sobre o tema energia e finalizam o capítulo. Os exercícios, em sua maioria de natureza numérica, estão presentes ao longo de todas as seções.

Propondo uma conceituação para Trabalho de uma Força e Energia

Verificamos na seção anterior que os livros, quando se submetem a conceituar Trabalho e energia, caem num exercício de tautologia afirmando que “energia é a capacidade de realizar trabalho” e que “trabalho é a variação de energia”. Percebe-se nesse círculo vicioso que tanto trabalho de uma força, quanto energia fica carecendo de uma discussão, sob a ótica da epistemologia.

Energia, enquanto grandeza física, é compreendida melhor quando fundamentada pelos Conceitos Unificadores (ANGOTTI, 1993). É uma grandeza física de grande conotação e de pequena denotação (MENDONÇA, 1994). Percebe-se que o significado físico de trabalho de uma força está vinculado ao conceito de energia e que a definição de um não se completa sem o outro.

Gibert (1982, p.227) traz um histórico sobre energia e sua conservação e apresenta a seguinte definição para energia

Etimologicamente, o vocábulo é formado de “En” (em, dentro) e “Ergon” (ação) – em suma, ação interior. Na mecânica nasce com o significado de “capacidade de fornecer trabalho”.

O autor continua a traçar o histórico do termo “energia” na física e relata que Kepler foi o primeiro a relacionar trabalho com energia. Entretanto foi Euler que relacionou trabalho a esforço,

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

[...] medido pelo produto da força pelo caminho percorrido [...] igual ainda ao produto da massa por metade do quadrado da velocidade [...] (GILBERT, 1982, p. 228).

Do ponto de vista histórico, os conceitos de energia e trabalho são precedidos pelo conceito de força, da “vis viva” e da conservação desta. “Vis viva” foi definida pelo produto da massa pelo quadrado da velocidade. Assim, trabalho era definido como a metade da variação da “vis viva”. Posteriormente Leibnitz fez a distinção entre força viva e força morta; sendo o termo “viva” associado à energia em movimento, enquanto o termo “morta” era associado à energia do repouso. Observa-se que o termo energia atravessou séculos até ter a compreensão atual, sofrendo contribuições de Roger Bacon (1214-1294), Galileu Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1630), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1727), Gottfried Wilhelm Leibnitz (1646-1716), Leonhard Paul Euler (1707-1783), Joseph Black (1728-1799), Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), Pierre Simon Laplace (Marquês de Laplace) (1749- 1827), Benjamin Thompson (Conde de Rumford) (1753-1814), Thomas Young (1773-1829), Hamphry Davy (1778-1829), Jean-Victor Poncelet (1788-1867), Julius Robert von Mayer (1814-1878), James Prescott Joule (1818-1889), William John Macquorn Rankine (1820-1872) e Albert Einstein (1879-1955). Observa-se que o termo energia passou por várias terminologias até a concepção atual. Sob o ponto de vista da Teoria da Relatividade de Einstein, a energia é um estado da matéria. Neste sentido, um corpo é constituído de energia acumulada em forma de matéria, em que qualquer porção de massa de um corpo (ou sistema) pode ser convertida em energia para por outro corpo (ou sistema) em movimento, ou deixá-lo na iminência de movimentar-se, bem como ser transferida entre sistemas pela interação entre eles

Neste sentido, entendemos que “trabalho” e “energia” devem estar associados, dentro de uma dimensão epistemológica, aos conceitos unificadores

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

Transformações (T), Regularidades (R) e Energia (E). Este último encerra os dois primeiros, $E=E(T,R)$. A energia é responsável pelas transformações da matéria (viva ou não) no espaço e no tempo e se conserva nas regularidades. O trabalho de uma força é o agente das transformações ou transferências de energia entre dois sistemas físicos em interação. Portanto, o sistema conjunto, desde que isolado, tem a sua energia conservada.

Em suma, Trabalho de uma força sobre um sistema A representa a energia transferida por um sistema B, decorrente da ação da força que um sistema exerce sobre o outro.

A quantificação dessa energia transferida pode ser calculada no corpo que sofreu a ação da força a pela expressão matemática do produto escalar do vetor força pelo deslocamento sofrido pelo corpo. Nessa nova perspectiva, para redefinir o trabalho, foram considerados dois sistemas A e B interagindo entre si. Se A exerce uma força F sobre B e B efetuou um deslocamento Δx , então, devido ação da força F sobre B, houve a realização de trabalho, devido à ação da força F, cuja descrição matemática, em nível médio de ensino, é a seguinte

$$T_F = F \cdot \Delta x$$

Ou ainda

$$T_F = F \cdot \Delta x \cos \theta,$$

Em que:

F é a força aplicada ao corpo B devido a sua interação com o corpo A;

θ é o ângulo entre os sentidos dos vetores F e Δx

Δx é o deslocamento do sistema durante a aplicação da força F;

T_F representa o trabalho da força F num deslocamento Δx .

Após essas considerações, é necessária nova definição para o trabalho de uma força, considerando o princípio de conservação de energia. Enquanto é dito que o



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

trabalho de uma força é obtido pelo resultado da operação matemática descrita acima, essa definição privilegia a transferência de energia, que não é destacada nos livros de texto. Nesse sentido, a energia adquirida (ou perdida) pelo sistema B é decorrente da transferência de energia do sistema A para o sistema B (ou de B para A). Com isso, a aprendizagem do trabalho de uma força é ampliada, devido ao fato que o conteúdo antigo adquire um novo significado.

CONCLUSÕES

O “trabalho de uma força” é uma grandeza bastante explorada nos livros de texto de Física. Conforme discutido, quando a definição de trabalho de uma força torna-se restrita à relação entre as grandezas envolvidas na sua representação matemática, negligenciando-se uma discussão epistemológica sobre o tema, pode-se incorrer num esvaziamento do significado da ciência e na compreensão equivocada deste conceito. Neste sentido, foi elaborada uma nova proposta de definição de trabalho de uma força.

Considerando dois sistemas (A e B) interagindo entre si, o trabalho da força que o sistema A exerce sobre o sistema B representa a transferência de energia de um sistema para outro. O sistema A perdeu energia, por meio do trabalho realizado pela força, representado matematicamente como o produto da força que o sistema A exerce sobre o sistema B pelo deslocamento do sistema B; enquanto que o sistema B ganhou energia, cujo módulo dessa energia adquirida é dada pela expressão matemática da variação da energia cinética do sistema B.



ISSN: 2175-5493

IX COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

5 a 7 de outubro de 2011

REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, J. A. P. Conceitos unificadores na Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 15, nº (1 a 4), 1993.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro. Contraponto, 2006.
- BASSALO, J. M. F. **Crônicas da Física**. Tomo I. Pará. Gráfica Editora Universitária. 1987.
- CACHAPUZ, A. et. al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo. Cortez. 2005.
- FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, **Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2009**, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2009. 66 p.
- GIBERT, A. **Origens históricas da física moderna**. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian. 1982.
- LEITE, M. S. S. C. P.; ALMEIDA, M. J. B. M. Compreensão de termos científicos no discurso da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 23, nº 4, 2001.
- MÁXIMO, A; ALVARENGA, B. **Física**. Vol 01. São Paulo. Scipione, 2005.
- MENDONÇA, N. D. **O uso dos conceitos: Uma questão de interdisciplinaridade**. 4. ed. Ref. Atual. Petrópolis. Vozes, 1994.
- PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Ano 1, nº 2, 1985.
- PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A. **Física, ciência e tecnologia**. Vol. 01. São Paulo. Moderna, 2005.
- ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e Evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002
- SILVA, M. F. F. esclarecendo o significado de “cor” em física. **Física na Escola**, v. 8, nº. 1, 2007.
- SOUZA CRUZ, F. F. O conceito de força no pensamento grego. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Ano 1, nº 2, 1985.