

Uma proposta para o Perfil Conceitual de Energia nos Contextos do Ensino da Física e da Química

A proposal for the Conceptual Profile of Energy in the Contexts of Teaching Physics and Chemistry

José Euzebio Simões Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco
euzebiosimoes@gmail.com

Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Universidade Federal Rural de Pernambuco
edsamaral@uol.com.br

Resumo

Um perfil conceitual modela a diversidade formas de pensar ou significar determinado conceito, pois pessoas exibem diferentes maneiras de ver e conceituar o mundo, utilizadas em contextos distintos. Neste trabalho, buscamos propor um perfil conceitual para energia no contexto do ensino da física e da química. Para isso, analisamos fontes secundárias de história da ciência, concepções informais apontadas na literatura, e uma intervenção didática foi aplicada em três turmas, das licenciaturas em Física e em Química, e do segundo ano do Ensino Médio. As intervenções foram filmadas em áudio e vídeo, e trechos foram transcritos para posterior análise. A análise dos dados possibilitou a proposição de um perfil conceitual de energia constituído por seis zonas: energia como algo espiritual ou místico, energia funcional/utilitarista, energia como movimento/atividade óbvia, energia como algo material, energia como agente causal das transformações e energia como grandeza que se conserva.

Palavras chave: perfil conceitual, energia, ensino das ciências.

Abstract

A conceptual profile models the diversity of modes of thinking or signifying a particular concept, since people exhibit different ways of seeing and conceptualizing the world, used in different contexts. In this work, we seek to propose a conceptual profile for energy in the context of Physics and Chemistry teaching. For this, we analyzed secondary sources of history of science, and informal conceptions pointed in the literature. Also, a didactic intervention was applied in three classes of undergraduates for Physics and Chemistry teachers, and in a High School, year 10. The interventions were recorded in audio and video, and excerpts were transcribed for later analysis. The data analysis allowed a proposition of conceptual profile of energy constituted by six zones: energy as something spiritual or mystical, functional/utilitarian energy, energy as movement/obvious activity, energy as something material, energy as causal agent of transformations, energy as preserved quantity.

Key words: conceptual profile, energy, science teaching.

A Teoria dos Perfis Conceituais e o Conceito de Energia

O presente trabalho apresenta resultados de uma pesquisa que buscou propor um perfil conceitual para o conceito de energia, considerando diferentes sentidos e significados atribuídos a esse conceito em diversos contextos e que circulam em situações de ensino da física e da química.

A teoria dos perfis conceituais (MORTIMER, 2000, MORTIMER et al., 2014) estabelece que um determinado conceito pode ser compreendido por um sujeito de diversas maneiras, que podem ser utilizadas em contextos apropriados, suportadas por compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos distintos, que direcionam o desenvolvimento de determinada concepção pelo indivíduo. Inspirada inicialmente nas ideias de Bachelard sobre o perfil epistemológico, os perfis conceituais foram associados a uma perspectiva sociocultural, constituindo um modelo para analisar formas de pensar e modos de falar sobre determinado conceito, bem como do processo de conceituação na aprendizagem de ciências (MORTIMER et al., 2014). Para a construção do perfil conceitual de determinado conceito são constituídas zonas, que representam as diferentes formas de compreender o significado e o uso do conceito e que podem conviver em um mesmo indivíduo, traduzindo uma pluralidade de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, cada uma sendo utilizada em um contexto mais apropriado (ARAÚJO, 2014).

Nessa perspectiva, podemos entender que aprender um novo significado para determinado conceito coloca a nova ideia em convivência com ideias anteriores, admitindo a pluralidade de pensamentos que incluem o conhecimento de senso comum, escolar, científico e outros (MORTIMER et al., 2014), apresentando uma concepção de ensino de ciências na qual o estudante não abandona suas ideias não científicas, que permanecem válidas em determinados contextos.

Do ponto de vista da aprendizagem, podemos entender que o estudante pode incorporar novas zonas aos seus perfis conceituais, bem como tomar consciência dessas diversas zonas que, pelo valor pragmático, podem ser indistintamente usadas para resolver problemas em contextos específicos. A tomada de consciência pode ser entendida como a percepção da coexistência de diferentes formas de falar e modos de pensar, que torna o processo de ensino de ciências mais sensível à diversidade cultural, sem que haja necessariamente interesse na substituição e/ou abandono de visões que são coerentes, resistentes e reforçadas pela linguagem e experiência cotidiana.

Segundo Mortimer e colaboradores (2014), a pesquisa relacionada com a proposição de perfis conceituais foi estruturada em função de um grupo de três conceitos mais amplos, a saber: matéria, energia e vida. Esses foram chamados de ontoconceitos e apresentam formas de pensar e modos de falar relacionados a outros conceitos e utilizados em diferentes contextos. Os perfis conceituais disponíveis na literatura estão associados a esses conceitos, que correspondem a estruturas fundamentais nas ciências naturais.

Escolhemos propor um perfil conceitual para um dos ontoconceitos que guiam o programa de pesquisa, a energia, em contextos de ensino da física e da química. O conceito de energia está associado a dois outros que já têm perfis conceituais propostos – calor (AMARAL e MORTIMER, 2001) e entropia (AMARAL e MORTIMER, 2004) que apresentam formas distintas de significar a transferência e distribuição de energia, respectivamente. Somado a eles, outras características do conceito de energia são importantes para a proposição de um perfil conceitual, pois existem muitos modos de pensar e formas de falar associados à energia, ou seja, existe uma polissemia associada ao termo, evidente quando observamos manifestações como “cálculo da energia mecânica”, “você precisa comer para repor suas

energias” ou “esse ambiente tem uma energia negativa”, que influencia diretamente nas discussões conceituais em sala de aula.

Na próxima seção, apresentaremos a metodologia utilizada para propor o perfil conceitual de energia no contexto do ensino da física e da química.

Metodologia de Proposição do Perfil Conceitual

Para propor o perfil conceitual de energia apresentado nesse trabalho, buscamos trabalhar com o contexto do ensino da física e da química, devido a relevância para explicação dos fenômenos naturais, nessas duas disciplinas, bem como pela pouca atenção dada ao conceito, muitas vezes definida de forma econômica. Esse estudo está alinhado com a metodologia de proposição de perfis conceituais recomendada pelo programa de pesquisa, apresentada em sua versão mais atual por Mortimer e colaboradores (2014), sistematizada na figura 01:

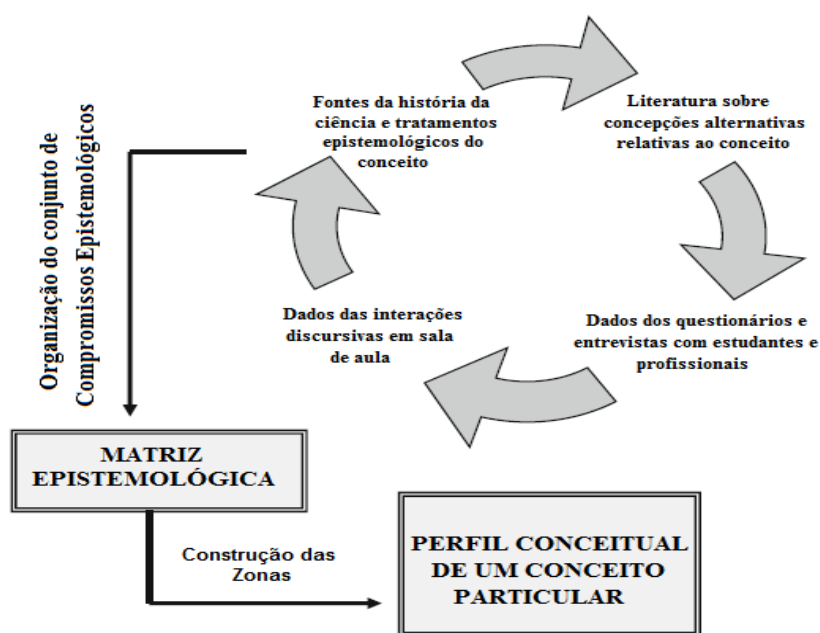


Figura 01: Metodologia para proposição de um perfil conceitual, Fonte: Mortimer et al. (2014).

Tal metodologia considera a diversidade de sentidos e significados que podem ser atribuídos a um conceito e uma variedade de contextos de aplicação do mesmo, tomando por base ao menos três dos quatro domínios genéticos propostos por Vigotski, a saber: sociocultural, ontogenético e microgenético, na busca por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que estabilizam as formas de pensar e modos de falar sobre os conceitos (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009). Esses compromissos possibilitam uma compreensão mais aprofundada de relações entre as zonas do perfil e aspectos filosóficos, subjetivos, culturais e valorativos que orientam os indivíduos quando expressam concepções e ideias, que faz do perfil conceitual um modelo que vai além de um exercício de categorização de concepções. Assim, devemos trabalhar em constante diálogo com os dados obtidos a partir de fontes secundárias sobre a história da ciência e análises epistemológicas sobre o conceito, trabalhos na literatura sobre as concepções informais (alternativas), dados coletados a partir de entrevistas e questionários e dados oriundos das interações discursivas em sala de aula.

Para a obtenção dos dois últimos conjuntos de dados, foi proposta uma intervenção didática, aplicada a turmas com: sete estudantes da licenciatura em Física e nove estudantes da

licenciatura em Química, todos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, campus Dois Irmãos, além de vinte e três estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino, da cidade de Olinda, Pernambuco.

Na primeira etapa da intervenção, aplicamos um questionário composto por três questões sobre o conceito de energia. Em seguida, ocorreu exibição e debate sobre o documentário “Ordem e desordem: a história da energia”, da BBC, leitura e discussão de notícias e peças publicitárias sobre energia e, por fim, um debate realizado a partir da resolução de cinco situações-problema construídas considerando cinco diferentes contextos de uso do conceito de energia, que serviu para a obtenção dos dados referentes às interações discursivas em sala de aula. Os contextos escolhidos foram: energia dos alimentos e atividades físicas, energia no contexto das transformações ocorridas na natureza, classificação da energia quanto à natureza e fonte de origem, energia associada ao misticismo e a energia em termos das propriedades de conservação e degradação tomando como cenário o processo de queima de combustível.

Todos os dados foram então colocados em constante diálogo, buscando a construção de uma matriz de formas de pensar e modos de falar sobre o conceito de energia, que serviu para a construção das zonas do perfil conceitual de energia, utilizando o contexto do ensino da física e da química.

Elaboração da Matriz de Formas de Pensar e Modos de Falar

Conforme apresentado na metodologia, os dados obtidos das diversas fontes não seguiram uma lógica linear, sendo revisitados e associados durante todo o processo de pesquisa. Para discussão dos resultados seguiremos uma sequência de apresentação, que não representa uma forma linear de tratamento aos dados para a proposição do perfil conceitual.

A partir das fontes secundárias em história da ciência e análises epistemológicas sobre o conceito de energia, identificamos cinco modos de pensar, associados a diferentes períodos de desenvolvimento histórico do conceito. Momentos históricos associados aos modos de pensar: metafísica aristotélica (energia – ou *energeia* – como entidade responsável por transformar o ser de uma forma potencial à forma final), controvérsia da *vis-viva* (energia como propriedade que pode estar contida nos corpos e ser relacionada ao movimento), teoria do calórico (energia como substância responsável pela dilatação dos corpos e que pode ser transferida), teoria dinâmica do calor (energia como resultante dos movimentos das partículas que formam o sistema) e conservação da energia.

A pesquisa acerca das concepções informais mostrou uma tendência de classificação em grupos de concepções (DRIVER et al., 1994; PACCA e HENRIQUE, 1994), fortemente influenciada pelo trabalho de Watts (1983), que apresenta sete categorias de concepções, a saber: energia centrada no homem, modelo depositário de energia, energia como ingrediente, energia como atividade óbvia, energia como produto, energia funcional e energia a partir de modelos de transferência de fluxo. Diferentemente dos anteriores, alguns dos trabalhos analisados, como Arias (2005) e Quadros e Santos (2007) reconhecem concepções esotéricas para energia.

Nos questionários, uma concepção da energia como movimento é identificada em todos os grupos de sujeitos, ou seja, a associação entre energia e movimento, muitas vezes feita a partir do conceito de força, é bastante recorrente. Para os estudantes do Ensino Médio e da licenciatura em Química identificamos uma grande tendência da visão funcional/utilitarista, entendendo que a energia é útil para realizar processos e transformações, mas sem nenhuma preocupação em explicar sua natureza, visão menos comum entre os alunos da licenciatura em

física. A mesma observação pode ser realizada quanto à ocorrência de respostas associadas a uma visão mística e/ou espiritual e/ou esotérica: os licenciandos em física não recorrem a essa visão, enquanto que os estudantes do Ensino Médio e da licenciatura em Química apresentam essa forma de pensar emergindo em algumas respostas. A visão de energia como algo material é identificada apenas entre os licenciandos em Química. A tabela 01 mostra algumas das respostas dos estudantes.

Modos de Pensar a Energia	Exemplos
Energia como algo místico	“A maneira como será abordado dependerá muito do contexto. Você pode relacionar energia com fontes de vitaminas para a vida quando associada a alimentos, ao estado do espírito quando relacionado com a Alma. ” (LQ) “Energia tem vários tipos: espiritual , física, elétrica, etc.”. (EM)
Energia Funcional/Utilitarista	“A energia pode ser entendida como um motor que viabiliza alguma coisa. Para quebrar ou formar ligações químicas é necessária energia”. (LQ) “Energia é a fonte de quase todo o funcionamento das coisas”. (EM)
Energia como movimento	“É uma força que você pode impulsionar e desprender em algum movimento físico ”. (LQ) “A energia está associada ao movimento de um objeto, de um corpo, ao longo de um período de tempo ou deslocamento” (LF)
Energia como algo material	“ Armazenar energia para ser utilizada” (LQ)
Energia como agente causal das transformações	“Energia é um conceito criado a fim de explicar determinados fenômenos e, no caso mais geral, ela dá vida a todas as coisas ”. (LF).
Conservação da energia	“ Em termodinâmica, energia está relacionada a calor, é uma propriedade do corpo e varia com a temperatura. Ela se conserva ”. (LF) “ Energia não se cria, só se transforma ”. (EM)

Tabela 01: Alguns modos de pensar que surgiram nas respostas ao questionário

Na análise das interações discursivas do debate, identificamos todos os modos de pensar e formas de falar o conceito de energia encontrados nas diversas fontes de dados. Percebemos que, embora as falas dos estudantes da licenciatura em Física estejam mais próximas da linguagem científica, a visão da energia como grandeza que se conserva nas transformações é evidente em todas as turmas participantes da pesquisa, mesmo entre alunos da licenciatura em Química e estudantes do Ensino Médio, que apresentaram durante toda a investigação uma linguagem mais próxima do senso comum. Essa aproximação com a linguagem científica pode ser a razão para que o modo de pensar a energia de maneira funcional ou utilitarista, na turma da licenciatura em Física, não ter sido identificado na análise das interações discursivas. A energia como movimento ou atividade óbvia, modo de pensar de grande relação com a controvérsia da *vis-viva* foi identificado principalmente nas turmas em formação inicial de professores.

A partir do diálogo entre as fontes distintas de dados, que fazem referência aos diferentes domínios genéticos relacionados ao conceito de energia, pudemos organizar uma matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia, organizada a partir das seguintes categorias: energia associada à transformação, natureza e origem da energia; energia como algo material; energia como movimento; energia em uma visão científica; energia em termos de sua conservação; e uma visão mística ou espiritual da energia. Com essa matriz, buscamos os possíveis compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos para individualização das zonas, considerando os contextos e o valor pragmático associado.

O Perfil Conceitual de Energia no Contexto do Ensino da Física e da Química

A partir da matriz apresentada anteriormente, foi proposto um perfil conceitual para o conceito de energia nos contextos de ensino da Física e da Química com seis zonas, apresentadas na figura 02:



Figura 02: Perfil Conceitual de Energia no Contexto de Ensino da Física e da Química

Discutiremos a seguir as zonas e os compromissos que as fundamentam.

Energia como Algo Espiritual ou Místico

Um dos modos de pensar identificado a partir das formas de falar sobre o conceito de energia é o entendimento da energia como algo místico, esotérico e/ou espiritual. Em alguns contextos, como nas abordagens religiosa ou sobrenatural, essa visão sobre energia assume um valor pragmático considerável em contextos como a energização de ambientes ou energias cósmicas. Uma das justificativas para o contexto em que essa forma de pensar a energia tem valor pragmático está no poder da pseudociência, campo de conhecimento que Bunge (2012) define como uma doutrina ou prática que usa a ciência, mas despida do fundamento científico.

Para fundamentar essa zona, buscamos o compromisso epistemológico associada a ideia de vitalismo, atribuída a Georg Ernst Stahl (1660 – 1734), que defende a existência quase real de um ou mais elementos imateriais que constituem os seres vivos e exercem domínio em suas atividades conscientes ou inconscientes. Na definição dessa zona, podemos também pensar em um compromisso axiológico, relacionado aos valores que os indivíduos atribuem as coisas (DALRI, 2010).

Energia Funcional/Utilitarista

Nessa zona, situamos as concepções de energia como algo que é útil e que pode ser usado para garantir conforto aos seres humanos, mas sem nenhuma preocupação com a elucidação da sua natureza ou propriedades sob a ótica da ciência. Na proposição do perfil conceitual de calor, Amaral e Mortimer (2001) afirmam que o simples fato de estar em uma situação, na qual se tem a experiência das sensações de quente e frio, não necessariamente produz reflexões sobre a natureza do calor. Os autores associam essa postura a uma primeira experiência, nos termos usados por Bachelard, naturalmente associado a algo mais subjetivo, intuitivo, imagético, concreto e fácil.

Associamos essa visão a um compromisso epistemológico realista de senso comum, também chamado de realismo ingênuo, que para Bunge (2012) é uma forma de pensamento deveras efetiva contra a fantasia desenfreada e contra o ceticismo radical, mas que é insuficiente para

enfrentar as exigências do rigor de formas mais elaboradas de pensamento.

Energia como Movimento/Atividade Óbvia

Percebemos de maneira bastante recorrente a associação feita entre o movimento e a energia, em um pensamento que pode ser resumido na seguinte expressão: Todo corpo que está em movimento, possui energia e todos os corpos que não estão em movimento não possuem.

Essa zona está associada à definição clássica de energia, encontrada em livros e utilizadas na discussão do conceito em esferas acadêmicas: “energia é a capacidade de realizar trabalho”. Entendendo o trabalho do ponto de vista mecânico, a própria definição usual em contextos científicos apresenta uma relação direta com esse modo de pensar o conceito.

Para Bunge (2012), o mecanicismo, primeira cosmovisão da ciência moderna, influenciou o pensamento dos cientistas da época em buscar uma generalização de pensamento aportado na mecânica, a parte da física que estuda os movimentos, na atualidade. Assim, uma forma de pensar a energia que está intimamente relacionada ao movimento dos corpos, no sentido de que só existe energia se os corpos estiverem em movimento, parece ser justificada por esse compromisso epistemológico.

Energia como algo Material

Pensando no calor como uma forma de energia, uma disputa marcante na história da ciência foi a controvérsia calor x movimento, a disputa entre a teoria mecanicista e a teoria substancialista do calor. Essa visão de energia como algo material foi bastante forte durante o período de ascensão e apogeu da teoria do calórico.

Assumimos um compromisso epistemológico substancialista para fundamentar essa zona. Mesmo sem utilização formal na ciência moderna, o substancialismo resiste na linguagem empregada para descrever processos, como nos termos capacidade calorífica e diagramas de fluxo de energia, que tem valor pragmático em determinados contextos científicos e tecnológicos, na engenharia, por exemplo, para melhor entendimento de alguns fenômenos.

O substancialismo é considerado e bastante recorrente nas formas de falar sobre a energia dos processos químicos (AMARAL e MORTIMER, 2001), na possibilidade de a energia ser armazenada e entendida como uma substância, principalmente a quebra das ligações entre oxigênio e fósforo na molécula de ATP. Ainda, em determinados contextos de utilização uma forma de falar associada ao modo de pensar a energia como algo material ganha valor pragmático destacado, para engenheiros (AMARAL e MORTIMER, 2001) e técnicos de refrigeração (ARAÚJO, 2014).

Energia como Agente Causal das Transformações

Essa zona está associada a forma de pensar a energia como algo que possibilita a ocorrência de diversos fenômenos da natureza, servindo como mecanismo de disparo, ou seja, um fenômeno só pode acontecer se a energia estiver disponível para ativar uma transformação.

Para a constituição da zona energia como agente causal das transformações, relacionamos esse modo de pensar o conceito de energia com o determinismo causal, que apresenta a ideia de que todo evento tem uma causa específica. Isso é verdade em algumas condições, uma vez que existem processos espontâneos, como as atividades neurais e a desintegração radioativa (BUNGE, 2012). Assim, a visão da energia como algo que pode causar transformações físicas, químicas e bioquímicas está associada a esse compromisso determinista.

Energia como Quantidade que se Conserva

Esse último modo de pensar é associado a contextos de aplicação mais científicos, nos quais a energia pode ser entendida como o produto do movimento dos componentes microscópicos da matéria, destacando dois conceitos: a conservação e a degradação da energia.

Associamos essa zona do perfil conceitual de energia no contexto da Física e da Química a um compromisso epistemológico racionalista. Racionalismo é o ponto de vista epistemológico que atribui à razão ou ao pensamento, a principal fonte de conhecimento humano. Para Hessen (1925/2012), na perspectiva racionalista, um conhecimento só pode receber essa alcunha se for necessário, ou seja, útil, e tiver validade universal. Nesse nível de entendimento, encontramos um estágio mais avançado de reflexão, se comparado com as formas de pensar descritas nos contextos anteriores para o conceito de energia.

Considerações Finais

A análise dos dados possibilitou à construção de uma matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia no contexto da Física e da Química, fundamentais no reconhecimento dos compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos e a proposição das zonas para o perfil conceitual de energia.

A proposição de um perfil conceitual para o conceito de energia pode contribuir com o programa de pesquisa em perfis conceituais, e abre possibilidades para trabalhos futuros, tais como: (1) buscar a associação de perfis propostos para conceitos correlatos, como calor e entropia; (2) orientar a elaboração de propostas de ensino sobre o conceito de energia que busquem a pluralidade de modos de pensar associados a distintos contextos de aplicação; (3) e ampliar a compreensão sobre energia buscando investigar como comunidades distintas, por exemplo, de engenheiros, agrônomos e terapeutas holísticos, entendem o conceito de energia.

Referências

- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.1, n.3 p.1-16. 2001.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. **Educación Química**, n. 3, p. 60 – 75. 2004.
- ARAÚJO, A. O. **O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas**. 2014. 223 f. Tese (Doutorado em Educação) - UFMG, Belo Horizonte, 2014.
- BUNGE, M. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2012.
- DALRI, J. **A Dimensão Axiológica do Perfil Conceitual**. São Paulo, 2010. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). USP, 2010.
- DRIVER, R. et al. **Making sense of secondary science Research into children's ideas** New York: Routledge. New York: Routledge, 1994.
- HESSSEN, J. **Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 2012.
- MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. **Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais**. In Anais do VII ENPEC, Florianópolis, 2009.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

PACCA, J. L. A.; HENRIQUE, K. F. Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. **Enseñanza de las ciencias**, v.22, n.1, p. 159-166, 2004.

QUADROS, P.P.; SANTOS, R.P. A Energia Nossa na Leitura de Cada Dia. **Acta Scientiae**. Canoas-RS. v. 9, n. 2 p. 27-38. 2007.