

---

# O ENTENDIMENTO DOS ESTUDANTES SOBRE ENERGIA NO INÍCIO DO ENSINO MÉDIO<sup>+\*1</sup>

---

*João Paulino Vale Barbosa*

*Antonio Tarciso Borges*

Programa de Pós-Graduação em Educação

Colégio Técnico da UFMG

Belo Horizonte – MG

## **Resumo**

*Energia é uma das idéias centrais dos currículos de ciências na educação básica. A literatura sobre o tema é extensa, mas pouco esclarecedora. O tema é considerado como difícil de ser ensinado e aprendido, por ser usado em várias disciplinas que enfatizam usos e aspectos distintos do conceito. A idéia de energia é também amplamente utilizada na linguagem cotidiana, confundindo-se com idéias como as de força e potência. A aprendizagem do significado de energia em Física requer abstração e conhecimentos específicos de suas várias áreas, como mecânica, eletricidade, termodinâmica. Este trabalho relata parte de uma pesquisa desenvolvida no escopo de um projeto mais amplo, em que desenvolvemos uma seqüência didática para o ensino de energia para estudantes do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública. Desenvolvemos um ambiente de aprendizagem para auxiliar os estudantes a explicitarem e revisarem seus “modelos de energia”, incentivando o trabalho em grupo e discussões em sala de aula. Aqui analisamos apenas os “modelos de energia” dos*

---

<sup>+</sup> Students understanding on Energy in the early years of High School

<sup>\*</sup> *Recebido: setembro de 2005.  
Aceito: março de 2006.*

<sup>1</sup> Apoio Parcial do CNPq

*estudantes que identificamos na fase preliminar à intervenção que desenvolvemos e implementamos.*

**Palavras-chaves:** *Modelos mentais, modelos de energia, ensino de Física, modelamento.*

### **Abstract**

*Energy is one of the key ideas of school science curricula. Research literature about students' understandings of energy is ample, but concerned only with the identification of alternative conceptions. Learning about energy is considered difficult, for a number of reasons: it's too abstract, mysterious, the term of energy is confused with force and power, and energy is not used in the same way in the other scientific disciplines such as chemistry and biology, not to mention everyday language. Learning what energy means in physics demands abstraction and specialized knowledge of mechanics, electricity, thermodynamics, and other subjects. This work reports part of a research project in which we developed a didactical sequence to teach energy to year 9 (high school) secondary school students. We developed a learning environment to help students in making explicit and revise their understandings through collaborative work and discussions during their classes. In this work we present only students "models of energy" identified just before instruction.*

**Keywords:** *Mental models, models of energy, Physics teaching, modeling.*

## **I. Introdução**

Há pouco mais de uma década, Smith e colaboradores (1993) denunciaram a existência de um importante viés no então crescente campo da pesquisa em Educação em Ciências: apontavam que ao longo das décadas de 70 e 80 a pesquisa em ensino de ciências teria enfatizado apenas os aspectos negativos do conhecimento prévio dos aprendizes. Os resultados dessas pesquisas indicavam a rica diversidade das concepções dos estudantes e atribuíam à prevalência dessas

idéias não-científicas as dificuldades de aprendizagem. A função da educação em ciências era promover a substituição das concepções intuitivas ou alternativas, pelo conhecimento escolar. Poucos eram os estudiosos que atribuíam um potencial gerativo às concepções prévias dos estudantes, isto é, estudos que reconheçam a existência de situações em que esse conhecimento, mesmo equivocadamente poderia ser usado como um ponto de partida para o desenvolvimento de novos e melhores entendimentos. Há, ainda hoje, divergências quanto à natureza do conhecimento prévio dos estudantes e quanto às melhores estratégias para promover a aprendizagem do conhecimento escolar. Adotamos neste trabalho o pressuposto de que o conhecimento prévio dos alunos é, do ponto de vista da ciência escolar, fragmentado, e não pode ser substituído por aquilo que desejamos que eles aprendam.

Tanto no domínio da pesquisa, quanto do ensino de ciências, a questão de como tratar o conhecimento prévio dos estudantes tem sido reavaliado (CLEMENT, 2000). O ensino baseado em modelos e modelamento tem sido defendido como sendo uma alternativa viável para promover o desenvolvimento do pensamento científico pois procura valorizar os modelos e conhecimentos prévios dos estudantes sobre os tópicos estudados desenvolver estratégias e ambientes de ensino e aprendizagem que levem os aprendizes a revisar e a reconstruírem seus modelos explicativos, tornando-os mais próximos daqueles modelos aceitos como científicos. São valorizadas as estratégias e abordagens que tiram proveito das boas intuições que os estudantes já têm, antes do estudo formal de ciências, acerca dos fenômenos em cada domínio de conhecimento, mas isso não quer dizer que essa seja a perspectiva dominante na educação em ciências, nem tampouco entre todos os pesquisadores interessados em modelos (ver, por exemplo, VOSNIADOU, 1994). Existe um vasto conjunto de trabalhos recentes defendendo o uso de modelos e de atividades de modelação no ensino de ciências, com enfoques distintos.

Entre os conceitos da ciência escolar que se espera que todo estudante aprenda, o de energia é considerado como um dos mais difíceis de ser ensinado e aprendido, por várias razões: é usado em diferentes disciplinas escolares, que enfatizam os seus diferentes aspectos; no ensino fundamental, é estudado muito superficialmente, resultando apenas na aprendizagem dos nomes de algumas manifestações de energia, nem todas elas consensuais; a noção de energia é também amplamente utilizada na linguagem cotidiana, confundindo-se com outras idéias, como as de força, movimento e potência; e a aprendizagem do significado

de energia em Física requer um alto grau de abstração, além de conhecimentos específicos de suas várias áreas, como mecânica, eletricidade, termodinâmica.

Bunge (2000) faz uma análise do estatuto do conceito de energia, destacando que, da forma como é normalmente apresentado nos livros e como é ensinado, ele é abstrato e pouco informativo.

Para reforçar isso, livros, professores, a mídia impressa e a televisão referem-se ao conceito de energia de maneira pouco rigorosa, enfatizando mais as manifestações ou “formas de energia”, do que o poder explicativo do conceito. Por exemplo, fala-se em gastar e repor “energias”, em bebidas e alimentos energéticos, em indivíduos ou ações enérgicas. Na linguagem do dia-a-dia o termo energia adquire significados e propriedades não reconhecidos pela ciência, como nas expressões comuns “recarregar as energias” ou “descarregar as energias negativas”, no plural mesmo, isso sem falar em outros sentidos mais esotéricos.

Solomon (1992) mostra que o conceito de energia está sempre associado a palavras como força, resistência, vigor, potência, vida (cheio de), eletricidade, movimento, esforço, alimento, saúde (boa forma física) e respiração. Por ser aplicável a todos os sistemas físicos, químicos e biológicos, ou a sistemas que não deveriam ser distinguidos através dessas disciplinas, não é empregado de forma consistente nas várias disciplinas escolares. É um dos conceitos básicos das ciências naturais para descrever e explicar o funcionamento do mundo, mas é pouco entendido pelos estudantes, e quase sempre também por seus professores. A compreensão e o uso do conceito de energia e de sua conservação na explicação de fenômenos e resolução de problemas são complicados. Uma das fontes prováveis de tais dificuldades é que, conforme as pesquisas em ensino de ciências apontam, os estudantes têm hábitos pouco desenvolvidos de pensar acerca de sistemas, eventos e processos (DRIVER; WARRINGTON, 1985). O ensino das ciências em toda a educação básica pouco contribui para promover esses hábitos e o resultado é que os estudantes aprendem a usar rótulos para falar de situações e fórmulas para resolver exercícios, sem entender o significado da energia, desenvolver hábitos de usá-lo na construção de explicações e conseguir desenvolver modelos mais sofisticados acerca do conceito.

A escolha deste tema para investigação foi motivada por várias razões: em primeiro lugar, pelo fato de tratar-se de um conceito central no ensino de Ciências (a abordagem interdisciplinar de temas afins no ensino de Ciências também deve ser motivo de atenção especial, de acordo com as atuais diretrizes educacionais oficiais divulgadas pelo MEC-SEMTEC (1997)); e em segundo lugar, a vivência profissional dos autores como professores, cientes das dificuldades dos

estudantes em aprenderem sobre energia. Sentimos a necessidade de buscar alternativas de ensino que pudessem, de fato, contribuir para a construção de conhecimento no âmbito da ciência escolar. Entendemos que, qualquer que seja a alternativa concebida, ela deve ser orientada por uma teoria que considere seriamente os aspectos cognitivos envolvidos na produção do conhecimento pelos estudantes.

Este trabalho relata parte de uma pesquisa desenvolvida no escopo de um projeto mais amplo em que desenhamos uma seqüência didática para o ensino de energia para estudantes do primeiro ano do ensino médio do turno da noite de uma escola pública. Essa seqüência didática foi aplicada pelo professor regular da turma e um dos autores (JP) acompanhou as aulas como um observador, registrando-as em vídeo e entrevistando uma parte dos estudantes da classe. Para a seqüência de ensino sobre energia, promovemos uma adaptação para os estudantes do ensino médio da estratégia de modelamento proposta por David Hestenes (1996), para o ensino da mecânica newtoniana a professores. Nossa intenção foi desenvolver um ambiente de aprendizagem que auxiliasse nossos estudantes a revisarem e re-elaborarem seus “modelos de energia”. Para permitir que isso acontecesse, julgamos importante valorizar o conhecimento prévio fragmentado deles sobre o tema. Desejávamos, ao mesmo tempo, criar condições para o debate e para discussões em sala de aula, facilitando a explicitação para eles mesmos de seus entendimentos de energia a partir de suas exposições, dos colegas e do professor.

Neste trabalho, analisamos apenas os “modelos iniciais de energia” dos estudantes que identificamos na fase preliminar à intervenção que desenhamos. Usamos os termos “modelos iniciais” e “conhecimento prévio” para referir aos entendimentos e concepções que nossos estudantes desenvolveram anteriormente ao estudo do tópico “energia” na unidade didática que elaboramos e implementamos. Para isso utilizamos dados coletados na semana anterior ao início do estudo de energia. A literatura sobre o tema é muito pouco esclarecedora e se restringe a apresentar categorias de concepções alternativas dos alunos ou categorias de respostas para as questões apresentadas a eles (DRIVER et al., 1994; GILBERT; POPE, 1986; WATTS, 1983). Com isso em mente, procuramos desenvolver instrumentos distintos para tentar obter dados que permitissem uma caracterização mais detalhada das formas de entendimento inicial, uso de energia e conceitos relacionados pelos estudantes.

## **II. Modelos**

O conceito de modelo mental foi formulado inicialmente por Craik, em 1943, ao propor que não apreendemos a realidade diretamente (JOHNSON-LAIRD, 1983). Ao contrário da visão behaviorista predominante na época, Craik propôs que a experiência humana do mundo é sempre mediada por construtos mentais aos quais chamou de modelos de trabalho. Esses modelos internos pressupõem que o indivíduo constrói modelos que integram os conhecimentos e que os utiliza para dar conta de tarefas e situações específicas.

Os modelos são artefatos cognitivos, criações do indivíduo, e não mais que isso, para representar, organizar e reestruturar o conhecimento de domínio específico dos usuários, de forma a conferir plausibilidade mesmo a fenômenos complexos, reais ou imaginados (BORGES, 1999) e contêm os conhecimentos que o indivíduo julga relevantes sobre os aspectos do mundo que observa e ainda satisfazem as demandas da situação a ser explicada. Um modelo mental funciona bem quando ele se ajusta à base de conhecimentos do sujeito e produz explicações satisfatórias da situação, caso contrário ele é abandonado. Eles cumprem dupla função: ao mesmo tempo em que representam o conhecimento do sujeito, geram plausibilidade subjetiva com relação ao mundo físico, social e psíquico e às situações particulares que buscam explicar.

A aceitação da importância de se aprender os principais modelos usados pela ciência é disseminada, mas pouco se discute sobre os seus processos de construção e revisão, sobre como promover o entendimento dos estudantes sobre modelos e modelamento e sobre as dinâmicas envolvidas na sua criação, teste, revisão e utilização. A construção de modelos é a etapa crucial desse processo e ainda é pouco compreendida. Assume-se que a sabedoria de construí-los baseia em processos tácitos e pressupõe o uso e a manipulação de signos, na medida em que os modelos mentais são utilizados para organizar os símbolos da experiência e do pensamento. Há quem veja nas brincadeiras das crianças pequenas, indícios de que elas são modeladores naturais, por exemplo, quando usam certos objetos para representar outros ou brincam de “faz de conta”, assumindo o papel de outros personagens, ou usando coisas e objetos como se fossem outros (LEHRER; SCHAUBLE, 2000). Parece claro que não existem regras gerais para ensinar alguém a modelar, de forma que temos que tratar cada caso em sua especificidade e apenas com experiência somos capazes de desenvolver essa arte.

### **Modelos e aprendizagem**

O sentido que o termo modelo tem neste trabalho é marcadamente distinto daquele que tem nas ciências da natureza e nas discussões de filósofos da ciência. Nas ciências, apenas aqueles com grande plausibilidade do ponto de vista de domínios científicos específicos são considerados como tais e são, em geral, expressos através de equações matemáticas ou correlações (veja, por exemplo, GRANDY, 2003). Por outro lado, se queremos falar da compreensão de iniciantes numa certa área de conhecimento, temos que flexibilizar o entendimento de modelo, para capturar os conhecimentos e estratégias utilizados pelos sujeitos para fazer face às situações e fenômenos com que interagem, que não formam modelos considerados científicos. Temos mesmo de admitir a existência de modelos incompletos, instáveis, construídos a partir de saberes e crenças não aceitos como científicos, caso contrário, restaria apenas a possibilidade de discutir como os especialistas compreendem o seu campo de especialização.

A perspectiva que adotamos é que os modelos mentais são construções individuais e não exibem a objetividade e estabilidade dos modelos científicos. Aqueles são os conhecimentos mobilizados por indivíduos em situações e acerca de fenômenos sobre os quais não têm necessariamente conhecimento específico (BORGES, 1999). O uso de modelos permite ao usuário propor explicações para as situações e fenômenos com os quais interage, além de fazê-lo compreender o próprio modelo e aquilo que ele representa, resolver problemas e fazer previsões sobre comportamentos dos sistemas com os quais interage em outras condições ou sobre sua evolução temporal.

O entendimento de qualquer indivíduo sobre um fenômeno ou processo pode mudar drasticamente em um curto prazo, por exemplo, durante uma aula ou qualquer outra experiência de aprendizagem acerca do tema. Pode, também, permanecer praticamente inalterado durante anos, como costuma acontecer com os modelos acerca de vários tópicos, por exemplo, sobre eletricidade, movimento, ciclo dia-noite, fenômenos atmosféricos, de pessoas que abandonaram a escola cedo. Essas pessoas não se engajam, por variadas razões, em experiências de revisão e reconstrução de seus entendimentos sobre esses fenômenos, elas não se interessam, ou não julgam que precisam ou que vale a pena o esforço, isto é, as pessoas não se sentem desafiadas a compreender tais fenômenos em um nível mais elevado de sofisticação.

Os modelos mentais podem ser pensados como estruturas dinâmicas criadas no momento de resolver problemas, fazer previsões e formular explicações em situações de aprendizagem, ou seja, um indivíduo não tem modelos acerca de um fenômeno qualquer guardados no cérebro, como se fossem programas

armazenados em um disco rígido de computador. Ela não os memoriza e os usa sempre do mesmo jeito; eles são produzidos quando disparados por situações e desafios que o indivíduo decide enfrentar. Modelos pertencem ao mundo conceitual, isto é, eles dizem respeito a conhecimentos e saberes, não a objetos e coisas. Assim, podemos denominá-los estruturas, o que também não significa atribuir-lhes existência física ou imaginá-los como coisas. Esses artefatos cognitivos são construídos a partir dos conhecimentos e saberes que o indivíduo é capaz de mobilizar sobre o tópico em questão e são delimitados pela visão de cada pessoa sobre como o mundo funciona, pelas vivências individuais, pela competência dos sujeitos em ativarem e aplicarem seus conhecimentos, saberes e crenças de acordo com as demandas das situações enfrentadas.

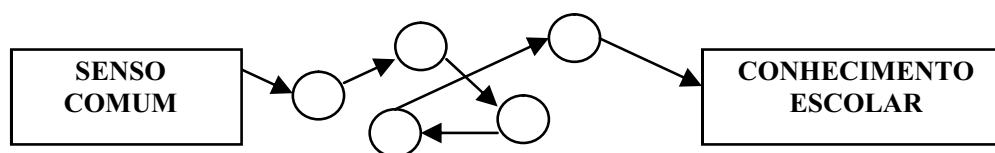
Nós só podemos falar dos modelos de outra pessoa através daquilo que inferimos que ela está tentando nos dizer, ao expressar sua compreensão ou fazer previsões sobre um determinado fenômeno, situação ou objeto. A atividade do pesquisador consiste basicamente em modelar o pensamento dos sujeitos pesquisados, dado que ele não dispõe de acesso privilegiado ao plano mental dos sujeitos de seus estudos. O seu trabalho depende fortemente de suas interpretações e percepções acerca das ações e discurso das pessoas que estuda. Essa atividade não se confunde, entretanto, com o uso que se faz aqui do termo modelamento como uma estratégia de ensino e aprendizagem.

As estratégias de modelamento são apropriadas quando se deseja que o aprendiz parta de seu entendimento no início do estudo de um novo tópico, freqüentemente fragmentado e incompleto, e reconstrua formas de compreender e explicar os problemas e fenômenos que se está estudando. Elas privilegiam a construção ou revisão de modelos explicativos pelos próprios aprendizes. Uma outra abordagem de ensino possível, adequada a tópicos e fenômenos pouco familiares aos estudantes, centra-se na apropriação e uso de modelos explicativos produzidos por outros. Os modelos que se pretende que o aprendiz domine devem ser apresentados a ele, pelo professor ou por livros, num nível apropriado ao seu conhecimento e às suas competências para evitar as armadilhas introduzidas por resultados inesperados ou contra-intuitivos. Nesse caso, deseja-se que o estudante compreenda e aprenda a utilizar, de forma apropriada e sensível, os modelos e as formas de explicar o comportamento de determinadas coisas do mundo, que foram desenvolvidas por outros num processo de enculturação. Os modelos construídos dependem, dessa forma, da habilidade do aprendiz em adotar as explicações de outros (professor, livro-texto). Isso pressupõe que o aprendiz mostre-se sensível às



características do ambiente de aprendizagem, isto é, à maneira como as situações e novas informações são apresentadas e às mediações promovidas.

Neste trabalho optamos pela primeira abordagem, desenhando e implementando um ambiente de ensino-aprendizagem que possibilitasse o engajamento dos estudantes em uma ampla variedade de atividades – trabalhos em grupo, debates, leituras e realização de experiências simples – que demandassem a revisão e sofisticação de seus modelos. Argumentamos que a evolução dos modelos mentais do estudante, como processo sócio-cognitivo, constitui um pressuposto necessário e fundamental para que ele possa se apropriar do conhecimento científico. Ao longo dessa evolução, melhora sua capacidade de explicar fenômenos novos ou de propor explicações mais completas e coerentes acerca de algum outro fenômeno o qual tenha sido analisado ou interpretado em oportunidades anteriores (BORGES, 1999). A Fig. 1 apresenta um esquema de como imaginamos que isso poderia acontecer ao longo dos múltiplos encontros do aprendiz com as idéias e conceitos que desejamos que ele aprenda.



*Fig. 1 – Estrutura progressiva, não linear, para um determinado processo de ensino-aprendizagem. As âncoras de conhecimento são estabelecidas pelas situações de aprendizagem: estudos de textos, experimentos, mediação de colegas e do professor.*

Os círculos na Fig. 1 representam fenômenos e problemas exemplares que precisam ser explicados ou resolvidos, e analogias que funcionam como modelos básicos ou âncoras para a estabilização, ainda que temporária, de formas particulares de entendimento dos fenômenos e conceitos que se deseja ensinar. Embora em situações específicas de aprendizagem com a mediação de adultos especialistas e outros recursos o aprendiz possa exibir um avanço rápido de entendimento e desempenho, as pesquisas têm mostrado que este é normalmente instável e não se sustenta sem o desenvolvimento de bons modelos explicativos. É o que ocorre freqüentemente em sala de aula, quando os alunos lembram-se que estudaram certos tópicos, mas não são capazes de utilizar os conhecimentos que supostamente deveriam ter aprendido para produzir explicações, resolver problemas, formular questões e fazer previsões.

### III. Concepções prévias de energia

Há na literatura de ensino de Ciências uma gama de publicações que analisam as concepções prévias de estudantes sobre energia no contexto escolar (por exemplo, DRIVER 1994; DUIT; HAUESLER, 1995; TRUMPER 1997; IOANNIDIS; SPILIOPOULOU 1999; WATTS; GILBERT, 1985). O estudo de tais concepções ocupou a pesquisa em ensino de Ciências nas décadas de 70 e 80, e seu resultado cumpriu um papel extremamente importante, pois ofereceu aos pesquisadores e docentes dados referentes às principais idéias dos estudantes sobre diversos conteúdos da área de Ciências, motivando discussões a respeito de novas estratégias de ensino, ao mesmo tempo em que proporcionou forte impulso na formação de pesquisadores. Neste capítulo tem-se a intenção de fazer um breve relato com base nesses trabalhos.

Os resultados das pesquisas indicam que os estudantes mostram uma tendência de dedicar mais atenção e dar maior importância às características observáveis dos fenômenos estudados, sem se ocupar de entidades hipotéticas ou invisíveis e abstrações para explicar os fenômenos (BORGES, 1999). É o caso do conceito de energia, que é muito utilizado no cotidiano científico e acadêmico, mas que, no contexto escolar, é colocado de lado pelos estudantes quando vão explicar os vários sistemas e fenômenos naturais que estudam. Assim, os estudantes lançam mão de concepções alternativas, estruturas conceituais e modelos mais próximos de sua experiência cotidiana do que aqueles encontrados nas lições escolares. Trumper (1997) apresenta dois resultados principais de seu estudo:

*1- Antes de estudar Física, as estruturas alternativas mais persistentes, utilizadas por quase todas as crianças, eram: (a) antropocêntrica, (b) causa – energia provoca os acontecimentos (faz as coisas acontecerem), (c) produto – a energia é um subproduto de certos processos.*

*2- Mesmo após estudarem Física, em geral os estudantes continuam a apresentar as mesmas estruturas alternativas que possuíam antes do estudo formal (pág 159).*

Watts (1983) lembra que os estudantes têm dificuldades para imaginar qualquer objeto inanimado como possuindo certa quantidade de energia. A exceção são os sistemas rotineiramente utilizados no cotidiano em que essa energia possa estar armazenada e, neste caso, ser responsável por desencadear os fatos ou fenômenos observáveis (fazer as coisas acontecerem). Os exemplos mais comuns são baterias, centrais de força, petróleo ou carvão mineral.

No início do movimento das concepções alternativas (WATTS, 1983; WATTS; GILBERT, 1985; GILBERT; POPE, 1982; 1986), foram realizados os primeiros estudos que pretendiam caracterizar modelos de energia agrupando certas categorias de respostas dos estudantes. Uma abordagem feita por Gilbert, Pope e Watts está centrada em um sistema de categorias que procura capturar a idéia central das falas e discursos dos alunos. Segundo Watts, tais estruturas seriam:

- **Antropocêntrica** - Energia associada com seres humanos ou onde objetos são vistos como se possuíssem atributos humanos.
- **Reservatório (depósito)** - Alguns objetos possuem energia e são recarregáveis, enquanto outros precisam de energia e gastam o que obtêm.
- **Substância (ingrediente)** - energia é um ingrediente “adormecido” dentro dos objetos, que são ativados por um dispositivo de disparo.
- **Atividade** - energia como uma atividade óbvia, no sentido de que se houver atividade, haverá energia.
- **Produto** - energia é um subproduto de um estado ou de um sistema.
- **Funcional (combustível)** - energia vista como uma idéia muito geral de combustível associada a aplicações tecnológicas que visam proporcionar conforto para o homem.
- **Fluido** - energia vista como um certo tipo de fluido transferido em certos processos.

Essas estruturas também estão presentes de forma sintetizada no trabalho organizado por Driver et al (1994), que engloba estudos de vários autores sobre concepções prévias.

No entanto, como assinalam Bliss e Ogborn (1985), estudos como esses não permitem avaliar o nível de complexidade, de coerência e de organização do pensamento do indivíduo. Assim, um modelo de *reservatório*, descrito por esse sistema de categorias, torna-se insuficiente para tentar esclarecer a maneira de pensar do indivíduo ou o quanto ele conhece acerca de um tema, pois um modelo de *reservatório* não pode ser dito mais apropriado ou mais próximo do conhecimento aceito como científico do que um modelo de *fluido* ou de *produto*, por exemplo. A análise da literatura indicou que algumas dessas categorias eram, de fato, ambíguas e que tal sistema apresenta muitas superposições. Por exemplo, as falas a seguir podem ser interpretadas como pertencentes a mais de uma categoria, o que dificulta a análise da estrutura do modelo:

*Exercício é bom para você, ele aumenta sua energia.*

*Quando corremos, perdemos energia e precisamos alimento e repouso.*

*Exercícios consomem energia, por isso nos sentimos cansados.*  
(DRIVER et al, 1994, p. 143-144).

As estruturas sugeridas por Gilbert e Pope (1986) também estão presentes de forma sintetizada no trabalho organizado por Driver et al (1994), que considera cinco estruturas principais para interpretação do conceito de energia, apresentadas a seguir.

### **1. Concepção antropocêntrica, em que a energia aparece associada somente com objetos vivos. Essa concepção aponta para duas formas típicas de pensar sobre energia:**

- *Vitalismo – energia imaginada como essencial para a manutenção da vida, como em “quando temos uma perda de energia, nós precisamos de medicamentos e vitaminas” ou “exercício é bom para você, ele aumenta sua energia”.*
- *Atividade – a energia é necessária para o movimento, como em “quando nós perdemos energia, nós precisamos de alimento e repouso” ou “exercícios consomem energia, por isso você se sente cansado” (pág. 143-144).*

### **2. Energia Armazenada ou vista como um agente causal armazenado em certos objetos (depósito)**

Um modelo de depósito para energia que pressupõe a existência de objetos capazes de armazenar (dentro de si) a energia necessária para provocar mudanças em outros objetos que possam recebê-la. Essa concepção, segundo Driver et al (1994), também considera a energia como uma entidade material (pode ser armazenada). Há corpos que possuem energia (*depositários*) e podem ser recarregados, os que absorvem energia e gastam o que conseguem obter (*alta atividade*) e também aqueles cujo nível de atividade é dito como “normal” (*média atividade*). Pode-se entender, a partir desse modelo, que a energia está armazenada dentro de certos objetos e é um agente causal. Trumper (1997) identifica duas interpretações para esse modelo de energia:

- *estrutura básica (mais simples possível) de depósito – apresenta a energia como sendo de natureza passiva. A energia*

*está contida num objeto (reservatório), como em “Há energia na bateria...”*

• *estrutura ativa ou de causalidade – energia como causa dos acontecimentos, sendo necessária para a ocorrência de certos processos, como em “a lâmpada elétrica precisa de energia para acender” (pág. 159).*

### **3. Associada à força e movimento**

Driver et al (1994) mostram que há uma confusão que é também conceitual que vai além da expressão terminológica quando crianças utilizam os termos força, energia e trabalho. Alguns estudos revistos pelos autores mostram que é comum estudantes utilizarem os termos força e energia como sinônimos e que, quando são capazes de diferenciá-los, fazem-no de forma a manter uma relação entre ambos. Os autores afirmam que há uma vinculação muito forte quando se analisam as noções de energia, força e movimento. Muitas crianças usam o termo “*força*” para explicar o movimento de uma esfera em um trilho, nas situações em que cientistas ou professores usariam o termo “*energia cinética*”. A literatura sobre o tema indica que antes de estudar o assunto, as crianças são muito propensas a associar energia com o fato de alguns objetos se moverem. Nesse caso, o movimento acontece em virtude da existência de algum tipo de energia, em outros, a energia é confundida com um tipo de força (DRIVER et al, 1994).

### **4. Energia como Combustível**

Esta concepção parece estar associada ao conhecimento de senso comum a respeito de um esgotamento futuro das fontes de energia utilizadas pelo homem. Driver et al (1994) explicitam que expressões como “*crise de energia*” e “*conservação de energia*” significam, respectivamente, crise de combustível e conservar combustível. Sempre prevalece, entre as crianças, a noção de que combustível é energia, muito mais do que a idéia de que combustível contenha, ou seja, uma fonte de energia. A partir do início da década de 1970, a questão da crise dos combustíveis e da busca por fontes alternativas de energia ocupou lugar de destaque na mídia e teve impacto nos currículos escolares.

### **5. Fluido, um ingrediente ou um produto**

A noção de energia como um fluido, ingrediente ou produto foi notada por Watts e Gilbert (1985), Gayford (1986), Duit (1987) e outros. O raciocínio

embutido nessa concepção é o de que energia é algo que pode ser contido, armazenado, transportado, cedido, conduzido. A energia é pensada como algo que pode fluir de um corpo a outro ou como algo latente, que está “adormecido” dentro de certos objetos e que pode se manifestar na presença de algum mecanismo de disparo.

### **A conservação da energia**

Talvez o fato mais interessante encontrado nas pesquisas é que a conservação da energia, antes dos estudantes receberem qualquer instrução, não é vista como necessária por eles (DUIT, 1981; citado por DRIVER et al, 1994). Segundo Duit, embora 43% façam previsões qualitativas corretas sobre altura e velocidade final de uma bola num trilho em forma de U, apenas 2% dos estudantes com idade entre 12-14 anos o fazem com base em transferência de energia. Em nenhum momento é mencionada qualquer idéia que esteja relacionada à transformação de energia.

Depois da unidade sobre energia, esse percentual sobe para 17% e apenas 10% mencionam conservação da energia. Driver e Warrington (1985) afirmam que os estudantes preferem recorrer a seus conhecimentos cotidianos para explicar vários sistemas simples a utilizarem explicações baseadas em conhecimentos adquiridos na escola. Black e Solomon (1985) assinalam que alguns estudantes reconhecem o princípio da conservação da energia, mas ainda raciocinam como se a energia pudesse ser consumida ou desaparecer. Cerca de 15% dos estudantes utilizam idéias de transformação e dissipação da energia e 30% reconhecem que a energia pode mudar sua forma de manifestação.

Um estudo de Gayford (1986) mostrou que a maioria das crianças (79%) não considera que processos biológicos, tais como a respiração, envolvem conservação de energia. Normalmente, nesse contexto, imaginam que a energia é criada e utilizada em reações subseqüentes (GAYFORD, 1986). Ioannidis e Spiliotopoulou (1999) também analisam as concepções dos estudantes acerca da energia. A análise desses autores tem por objetivo identificar os modelos de energia expressos em desenhos e em narrativas dos estudantes, e as metáforas que as crianças utilizam para contar suas idéias sobre energia. Para isso, eles utilizam tarefas abertas, nas quais os estudantes desenham e constroem suas próprias histórias acerca do tema central (energia). Os autores apresentam dois quadros (uma rede) nos quais identificam muitas linhas de concepções apresentadas pelos

estudantes. Eles afirmam que muitas dessas idéias são aceitáveis do ponto de vista científico, mas a linguagem usada para expressá-las, evidentemente, não está em conformidade com aquela da ciência escolar. Eles acabam por sugerir que novos termos sejam inseridos nos processos de ensino sobre energia para possibilitar uma ampliação da compreensão dos estudantes.

#### **IV. Metodologia de pesquisa**

Este trabalho foi realizado numa escola da Rede Municipal de Belo Horizonte, em um bairro da periferia, com alunos da 1<sup>a</sup> série do Ensino Médio do turno noturno. A turma era composta de 35 alunos, com faixa etária variando entre 17 até mais de 30 anos de idade. Muitos desses alunos trabalhavam durante o dia em atividades bastante diversificadas, como recepcionista de hospital, vendedor de equipamentos de combate a incêndio, empregadas domésticas, vendedores de lojas de roupas, trabalhadores da construção civil, entre outras, e alguns sem ocupação fixa.

Tanto a diretoria da escola quanto os professores da turma se prontificaram a colaborar, cedendo espaço físico e permitindo que os alunos selecionados se ausentassem por um período de tempo para realização das entrevistas. Os alunos se mostraram bastante entusiasmados em participar da pesquisa, não obstante os problemas advindos da interrupção das atividades usuais da escola durante a realização da pesquisa em virtude de uma greve dos professores. Nós preparamos materiais e atividades para o ensino de energia, em contato permanente com o professor da turma, que ficou responsável pela condução das atividades.

A pesquisa realizada foi de caráter prospectivo e dividida em três fases: a) caracterização dos modelos iniciais; b) atividades de modelação do conceito; e c) caracterização dos modelos finais. Para caracterizar os modelos mentais iniciais dos estudantes, eles fizeram um pré-teste, seguido de um debate em sala de aula com toda a turma sobre as questões do pré-teste e uma entrevista inicial com dois grupos que foram acompanhados durante toda a intervenção.

Este trabalho apresenta apenas os resultados da primeira fase, que visava caracterizar os modelos dos estudantes antes do início de nossa intervenção. Inicialmente, aplicamos um pré-teste para toda a turma, que consistia de 21 figuras correspondentes a situações comuns e familiares aos estudantes. Os respondentes deveriam indicar aquelas figuras que correspondiam a situações nas quais havia energia e justificar suas escolhas. Após o pré-teste, gravamos em vídeo o primeiro

debate na sala de aula com toda a turma. Foram registrados momentos de discussão entre professor e estudantes e entre estes sobre as respostas dadas às questões do teste. Após essa discussão, seis alunos foram convidados para uma entrevista (em grupos de três) que ocorreu fora da sala de aula. Essa entrevista, como já foi dito, constituiu mais uma fonte de material empírico para a triangulação dos dados nessa fase. Os grupos foram acompanhados ao longo de toda a seqüência de ensino, mas apenas quatro dos seis estudantes inicialmente entrevistados participaram de todas as atividades e foram, de fato, acompanhados.

A construção da metodologia de pesquisa foi adaptada às condições propostas para o ambiente de aprendizagem: os alunos trabalharam em pequenos grupos, com textos e experimentos e, principalmente, foram programados debates regulares com toda a turma e com o professor abordando os experimentos e exercícios propostos. Cabe dizer que o papel de mediador ficou restrito ao professor enquanto as atividades se davam em sala de aula, pois, nas entrevistas em separado, o entrevistador se colocou como mediador do processo de aprendizagem ao questioná-los sobre o tópico estudado, confrontá-los com novas situações e discuti-las.

Durante os debates, pouquíssimas vezes houve interferência do pesquisador que acompanhou a turma. Quando ela ocorreu, foi apenas para solicitar a repetição de alguma afirmativa contrapondo-a a de outro aluno, estimulando alguma discussão incipiente, pois não há como esperar que o professor atue, naqueles momentos, exatamente da maneira imaginada pelos pesquisadores. Nesse aspecto, as conversas que um de nós teve com o professor em vários momentos sobre as atividades e a forma de conduzi-las foram suficientes para a implementação da seqüência didática como havíamos previsto.

O material empírico obtido das três fontes de dados foi analisado de forma integrada e recursiva, o que permitiu triangular os dados e, ainda, produzir indicadores do grau de estabilidade e consistência do entendimento dos alunos de aspectos do conceito de energia em diferentes contextos. Isso foi possível pois as três etapas foram cumpridas em intervalos de tempo relativamente curtos no início da intervenção e abordaram temas comuns. Examinamos se cada estudante concebia energia como sendo relacionada a algo concreto ou abstrato, material ou imaterial, real ou imaginário, no sentido descrito por Bunge (2000) e em que medida as explicações apresentadas pelos estudantes são causais. Para isso, recorremos à distinção introduzida por Kuhn (1977), que classificou as explicações causais em dois tipos: **causalidade restrita** (ou “eficiente”, segundo Aristóteles), e a **causalidade auto-suficiente**.



A *causalidade restrita* se expressa de duas maneiras: pressupõe a identificação clara de um agente e um receptor aliada a uma idéia de intencionalidade (causalidade restrita de primeira ordem); expressa a idéia de que a energia surge em um evento como elo necessário entre a ação executada pelo agente e o evento (causalidade restrita de segunda ordem). Assim, se ao executar (ou realizar) uma determinada ação, a energia “surge”, ela desempenha a função de um agente “mediador” (passivo) entre o agente ativo e o evento (ou efeito) observado. Exemplo: “O corpo cria uma energia para andar de bicicleta”, em que o corpo seria o agente causal ativo e o evento o movimento da bicicleta, sendo a energia um agente mediador.

A *causalidade auto-suficiente* prevê a energia como a própria causa (ou o próprio agente responsável) para o efeito produzido ou destacado naquela situação ou evento analisado. Nesse último caso, tanto *causa* quanto *efeito*, identificados nas respostas, podem estar relacionados a idéias de necessidade ou funcionalidade. Exemplo: “A energia faz a planta crescer”, “A energia faz a lâmpada acender”, “A energia ajuda o carro a andar”, “Energia para a planta sobreviver”. É importante lembrar que essa explicação pode ser considerada suficiente pelo aluno, devido ao próprio fato de que energia é uma entidade “científica”, ensinada na escola, o que lhe dá um caráter de realidade, mas não carrega necessariamente uma idéia de concreto (PINHEIRO; PIETROCOLA, 2002). Em um estágio mais avançado, a causalidade auto-suficiente seria ilustrada por explicações do tipo que não apontam qualquer agente causal como justificativa para o evento, que não devem, de forma alguma ser consideradas como explicações não-causais (KUHN, 1977). Elas se baseiam na matemática ou, no caso específico da energia, nos princípios ou propriedades relacionados ao conceito – conservação, transformação e degradação – previstas no estudo do próprio conceito, e entendidas como suficientes dentro do contexto escolar.

## V. Resultados

Este trabalho apresenta os resultados da primeira fase de uma pesquisa sobre os efeitos de uma intervenção planejada para estimular os estudantes de uma turma do primeiro ano do ensino médio a explicitar e reformular seus modelos acerca de energia. Nesta primeira fase da pesquisa, procuramos conhecer as idéias dos estudantes, jovens e adultos trabalhadores, sobre energia. Não é possível apresentar aqui detalhes específicos sobre a intervenção e sobre os modelos construídos pelos estudantes dos dois grupos acompanhados durante toda a

pesquisa. Podemos adiantar, entretanto, que a unidade didática desenvolvida enfatizou a compreensão qualitativa do conceito de energia, tratando principalmente dos processos de transformação e transferência de energia, bem como de sua conservação (veja BARBOSA; BORGES, 2005). Seguiu-se a segunda fase, que constituía o núcleo do trabalho tanto para os aspectos de ensino-aprendizagem quanto para a pesquisa. Nela, foi implementada a metodologia de modelamento do tópico estudado e foram tomados os depoimentos dos estudantes através de gravações em vídeo na sala de aula e entrevistas. Finalmente, na terceira fase, centrou-se a atenção em atividades que permitissem coletar dados para avaliar a aprendizagem e caracterizar os modelos de energia ao final da intervenção. Os dados utilizados para caracterizar os modelos dos estudantes ao final do curso foram extraídos de um relatório de atividade experimental e de um teste escrito, ambos realizados na última semana.

As taxonomias disponíveis na literatura são insatisfatórias e pouco esclarecedoras, pois permitem que as descrições, previsões e explicações do estudante possam ser atribuídas a duas ou mais categorias distintas. Como exemplo dentro da pesquisa, pode-se citar a seguinte resposta da estudante Fátima a respeito da figura 20 do pré-teste (um prato com alimento): “A energia que o alimento passa ao nosso corpo”. Essa fala pode ser caracterizada tanto na categoria *fluido* como na categoria *substância* ou mesmo como *reservatório*, admitindo que o alimento ingerido libera energia ao ser metabolizado. Para ir além disso e explorar em detalhes as idéias dos estudantes, precisamos colocá-los diante de situações novas e incentivá-los a estabelecer relações entre elas.

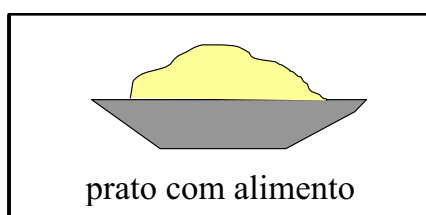


Fig. 2 – Reprodução da figura 20 do pré-teste.

Neste trabalho, decidiu-se apresentar uma análise das situações em que os alunos reconheceram ou não a presença de energia, bem como suas explicações sobre cada caso. O propósito é evidenciar a diversidade de interpretações associadas ao conceito, a diversidade de termos utilizados para denominar as formas de energia, a riqueza das razões apontadas por eles para justificar suas escolhas e os aspectos ontológicos que podem ser inferidos a partir de suas falas e

ações. Até aquele momento, os alunos tinham estudado energia apenas indiretamente, relacionada a outros tópicos das ciências do ensino fundamental. Assim, o ponto de partida foi analisar as respostas dadas ao pré-teste (ver anexo A) por todos os alunos da turma, o que possibilitou evidenciar a dificuldade inicial que o conceito de energia representa para eles.

A tabela 1 mostra as respostas ao pré-teste, ou seja, as circunstâncias nas quais os estudantes reconhecem a existência de energia. Do ponto de vista da ciência, o conceito de energia se aplica a todos os casos. O que o pré-teste destaca são as conjunturas que os estudantes associam ao conceito de energia: o exame de suas respostas indica que eles reconhecem a existência de energia naquelas situações prototípicas, sempre presentes nos meios de comunicação e tratadas nas disciplinas do ensino fundamental, especialmente ciências. Por exemplo, 94% dos estudantes indicaram a existência de energia na lâmpada acesa e 89% deles fizeram a

mesma indicação nos casos de um alto-falante, de uma pessoa jogando futebol e de uma criança andando de bicicleta. Seguem pela ordem de indicações: carro em movimento (86%); conjunto lâmpada-pilha (83%); figura com uma planta e o Sol (77%); transmissão via satélite e pilha elétrica (71%); usina nuclear e foguete espacial (69%). Esses elevados percentuais indicam que o conceito de energia é facilmente associado a algumas situações típicas, especialmente àquelas em que os estudantes percebem a existência de movimento (aparentemente eles não entenderam assim a figura das engrenagens), onde há seres vivos e fontes conhecidas de energia. Por outro lado, o exame do número de estudantes que atribuem a existência de energia em uma mola esticada, em um arco tensionado, em uma esfera sobre a mesa ou em uma estatueta é muito pequeno. Cerca de dois terços ou mais dos estudantes não reconhecem energia nessas situações que envolvem manifestações ou “formas” de energia, energia potencial elástica e energia potencial gravitacional, pouco mencionadas em situações cotidianas e no ensino fundamental, mas muito importantes no estudo do tópico energia em Física, o qual normalmente ocorre no primeiro ano do ensino médio.

O exame desses resultados sugere que os estudantes entendem cada situação de maneira distinta das outras, isto é, cada caso é um caso. Eles conceitualizam cada uma delas baseando-se mais nos seus saberes cotidianos, tendo pouca importância em suas respostas o conhecimento escolar de ciências. O que parece dirigir sua maneira de pensar são os objetos ou fenômenos salientes que cada figura representa. Em alguns casos, isso produz respostas parecidas com aquelas esperadas: como identificar alimentos, pilhas e combustíveis como fontes de

energia e identificar circunstâncias envolvendo movimento ou atividade com “gasto” de energia. Pode-se notar na tabela 1 que as situações mais selecionadas foram aquelas que correspondem a situações usuais (movimento, eletricidade e atividade física). As justificativas oferecidas pelos alunos, tais como “potássio é energia”, “nutrição”, “combustão”, “a planta precisa de energia para crescer”, “armazenagem de energia elétrica” ou “a pilha transmite energia para a lâmpada acender”, parecem estar diretamente ligadas à lembrança de fatos e informações recorrentes na própria escola, em situações do dia-a-dia e nos meios de comunicação. Elas são ouvidas e usadas

TABELA 1 – Associação de energia às situações do pré-teste. Percentual das opções assinaladas nas quais os estudantes identificaram livremente a presença ou não de energia.

| Situação | Descrição                           | Número-Alunos |     | Percentual |         |
|----------|-------------------------------------|---------------|-----|------------|---------|
|          |                                     | SIM           | NÃO | SIM (%)    | NÃO (%) |
| 1        | Música (som de alto-falantes)       | 31            | 4   | 89         | 11      |
| 2        | Transmissão via satélite            | 25            | 10  | 71         | 29      |
| 3        | Petróleo                            | 16            | 14  | 46         | 54      |
| 4        | Lâmpada acesa                       | 33            | 2   | 94         | 6       |
| 5        | Jogador chutando uma bola (futebol) | 31            | 4   | 89         | 11      |
| 6        | Usina nuclear                       | 24            | 11  | 69         | 31      |
| 7        | Chama de uma lamparina              | 19            | 16  | 54         | 46      |
| 8        | Menino de bicicleta                 | 31            | 4   | 89         | 11      |
| 9        | Mola esticada                       | 11            | 24  | 31         | 69      |
| 10       | Foguete espacial em lançamento      | 24            | 11  | 69         | 31      |
| 11       | Engrenagens                         | 15            | 20  | 43         | 57      |
| 12       | Sistema Terra-Lua                   | 22            | 13  | 63         | 37      |
| 13       | Carro em movimento                  | 30            | 5   | 86         | 14      |
| 14       | Estatueta                           | 4             | 31  | 11         | 89      |
| 15       | Molécula                            | 17            | 18  | 49         | 51      |
| 16       | Esfera parada sobre a mesa          | 6             | 29  | 17         | 83      |

|    |                        |    |    |    |    |
|----|------------------------|----|----|----|----|
| 17 | Arco esticado          | 12 | 23 | 34 | 65 |
| 18 | Sol-planta             | 27 | 8  | 77 | 23 |
| 19 | Conjunto pilha-lâmpada | 29 | 6  | 83 | 17 |
| 20 | Prato com alimento     | 21 | 14 | 60 | 40 |
| 21 | Pilha elétrica         | 25 | 10 | 71 | 29 |

freqüentemente, servindo como representações simbólicas que ancoram o entendimento dos estudantes. Esse modo de pensar, focalizando a atenção nos particulares das situações, é típico de estudantes da escola básica e de pessoas pouco acostumadas a exercícios de abstração.

A tabela 2 exibe o vocabulário espontaneamente utilizado por eles para se referirem às situações do pré-teste. Essa terminologia é provavelmente originária de suas vivências e imersão na cultura comum, dos anos de escolarização já vividos e do seu ambiente de trabalho. Nota-se que muitos termos do vocabulário da ciência associados ao conceito de energia são de conhecimento dos estudantes e utilizados por eles espontaneamente. Chama a atenção a identificação e uso de algumas “formas de energia” como categorias organizadoras de seu conhecimento sobre energia: energia elétrica, energia do movimento, energia nuclear e energia solar. São termos mencionados por adultos escolarizados e pela mídia (jornais, revistas, televisão, cinema, por exemplo). Deve-se notar também o uso de “formas de energia” típicas da linguagem e da vida cotidiana, como a energia dos alimentos, a energia humana, a energia molecular, a energia dos combustíveis e a energia da bateria. Por outro lado, observa-se o escasso uso e quase completo desconhecimento de outras formas de energia valorizadas pela ciência escolar, mas pouco utilizadas em situações cotidianas e na mídia, como por exemplo, a energia potencial elástica ou gravitacional e a energia química. A análise do desempenho dos estudantes no pré-teste e das justificativas que deram para suas escolhas em cada item, apontam para dois aspectos importantes. O primeiro diz respeito à dificuldade enfrentada pelos alunos quando o conceito é representado numa situação material, o que é indicado pela diversidade de termos utilizados para descrever as figuras que representavam situações similares (Tabela 2). Essa dificuldade parece ser da mesma natureza que a enfrentada no início do estudo de outros tópicos de ciências, pois notamos essa diversidade e pouca diferenciação de sentido entre os conceitos no início do estudo de tópicos como eletricidade e mecânica.

Isto também indica a existência de um núcleo ontológico aberto relacionado ao conceito de energia, o que pode explicar a dificuldade dos alunos em produzir raciocínios e explicações consistentes ao longo da atividade (BARBOSA; BORGES, 2004). Enquanto os livros de Física enfatizam os processos de transferência, transformação e conservação de energia, a literatura pesquisada sugere que há uma forte tendência de estudantes de diversas faixas de escolarização de substancializar o conceito de energia, tratando-a como algo real e que tem existência material, uma idéia em desacordo com a Física e que lembra a idéia de calórico do século XIX.

TABELA 2 – “Formas de energia” utilizadas espontaneamente.

|   | OCORRÊNCIAS | PERCENTUAL <sup>1</sup> |
|---|-------------|-------------------------|
| Energia elétrica  | 21          | 18,8                    |
| Energia humana (ou “física”, “corporal”, “do corpo”, “muscular”)  | 17          | 15,2                    |
| Energia solar (ou “do sol”)                                       | 17          | 15,2                    |
| Energia do movimento (ou “da velocidade”)                         | 11          | 9,8                     |
| Energia da bateria  | 9           | 8,0                     |
| Energia molecular   | 9           | 8,0                     |
| Energia dos alimentos (ou “nutritiva”, “alimentar”, “comestível”) | 8           | 7,1                     |
| Energia nuclear (ou “radiação”)                                   | 8           | 7,1                     |
| Energia inflamável (ou “do combustível”, “do petróleo”)           | 5           | 4,5                     |
| Outros termos <sup>2</sup>  | 7           | 6,3                     |
| TOTAIS  | 112         | 100                     |

Energia, para os estudantes, é considerada como algo que existe de fato, embora invisível, que pode ser transferida entre sistemas, pode ser

---

<sup>1</sup> O percentual foi calculado em função do número total de termos encontrados no pré-teste, ou seja, 112 termos.

<sup>2</sup> Termos como “elasticidade”, “funcionamento de coisas”, “energia criminosa”, “fé”, “espacial”, “energia do satélite”, os quais tiveram uma ou duas ocorrências foram agrupados aqui.

armazenada ou contida em alguns objetos e liberada sob certas condições. É exatamente acerca desse aspecto que as idéias de Chi e colaboradores (1994, 1997) são relevantes. Trabalhos recentes (veja, por exemplo, LINN; HSI, 2000) sugerem que os estudantes aprendem a produzir explicações e previsões mais consistentes com o auxílio de representações e animações que substancializam energia, porque são mais próximas das intuições dos estudantes.

O segundo aspecto é a relativa facilidade e espontaneidade com que os estudantes empregam as diversas “formas de energia” para descrever as situações e prover descrições. Em vista disso, sugerimos que as “formas de energia” deveriam ser mais exploradas na educação básica, como um sistema de categorias que permite a uma primeira aproximação ao conceito de energia.

A esses dois fatores soma-se ainda a própria natureza do teste (explicação restrita à linguagem escrita), que contribuiu para a dificuldade de interpretação das situações apresentadas. Mas, há também uma clara percepção de que os alunos responderam ao teste relacionando as situações propostas a diferentes conceitos (equivocados ou não), mesmo que lhes tenha sido explicitado que considerassem seu conhecimento sobre energia como a base de fundamentação de suas respostas. Como as tabelas 1 e 2 indicam, o resultado é uma miríade de respostas discrepantes, com pouca vinculação ao significado de energia do ponto de vista da ciência escolar, refletindo uma fragmentação do conhecimento dos alunos sobre o conceito, natural para indivíduos que tem pouca familiaridade com a maneira com que os especialistas utilizam o conceito (BARBOSA, 2003).

A percepção do estudante sobre o que é a tarefa, o que ela representa ou implica e a decisão por uma forma de abordá-la não é imediata, mas resulta de tentativas de dar sentido à situação e às conseqüências de interpretá-la de um certo modo.

### **O caso de Fátima**

Apresentamos a seguir alguns recortes das falas e respostas da aluna Fátima e, em alguns momentos, de outros colegas de turma, por causa dos diálogos no debate e na entrevista, para ilustrar a variabilidade das respostas dos estudantes aos diferentes instrumentos que utilizamos para coletar dados e do desafio de interpretá-los. Fátima, inicialmente, concebe energia como algo que tem existência material, isto é, que exhibe propriedades típicas de uma substância:

[QI-05]<sup>3</sup> (jogador de futebol): *Energia que temos no corpo que nos ajuda na prática de esportes.*

[QI-20] (prato com alimento): *A energia que o alimento passa ao nosso corpo.*

Para ela, o corpo humano funciona como um reservatório de energia, isto é, que pode contê-la ou armazená-la. A energia é pensada como algo material, que pode passar dos alimentos ao corpo. O exame de alguns livros de ciências em uso no Estado (BARBOSA, 2003) sugere que essa forma de conceber energia parece associada ao conhecimento adquirido através dos livros adotados nas etapas de escolarização anteriores, no ensino fundamental. Neles a energia é geralmente tratada do ponto de vista biológico, associando os alimentos que os seres vivos ingerem às atividades diárias que exercem. É também comum o tratamento da energia associado ao uso de combustíveis. Nesse aspecto, a aluna pressupõe que a energia tem o mesmo caráter real e material e pode ser retirada do petróleo através dos combustíveis, como sugere o trecho da entrevista em grupo realizada logo após o pré-teste:

[1ENT:44-49]<sup>4</sup> (44) JP – *E na situação 3 – o petróleo. O petróleo tem ou não tem energia?*

(45) Fátima – *Acho que sim, ou não...? Acho que sim. O petróleo é usado em muitos tipos de combustível.*

(46) Walter – *Acho que petróleo é uma das maiores fontes de energia. O petróleo é que movimenta o mundo. Dele você tira até a insulina...*

(47) JP – *Não, insulina eu não sei...*

(48) Walter – *Parafina!*

(49) Fátima – *Também acho que é energia, dele tira muita coisa.*

Outro aspecto observado é que a terminologia utilizada por Fátima é limitada e circunstancial. Termos como “energia solar”, “energia molecular”, “energia espacial” e “energia elétrica” emergem da própria situação. A passagem a seguir ilustra a associação da energia a aspectos particulares e contextuais, além de reforçar o caráter ontológico real da energia:

[1ENT:58-60] (58) Fátima – *O ciclista tem energia (figura 8). Não propriamente tem uma energia, mas, por exemplo, quando ele anda de bicicleta, o seu corpo tem*

---

<sup>3</sup> Leia-se: Questionário inicial – linha 05.

<sup>4</sup> Leia-se: primeira entrevista – linhas 44 a 49.



*uma energia, cria uma energia pra andar de bicicleta. A gente não gasta muita energia quando vai fazer certo tipo de esporte?*

(59) JP – *Se ele não tivesse energia, não movimentaria a bicicleta? A bicicleta se movimenta por quê?*

(60) Fátima – *Acho que não, né. Ela se movimenta por causa da energia que tem no corpo do ciclista. Eu não sei o nome...*

[QI-02] (antena parabólica): *Energia para o satélite funcionar.*

[QI-10] (foguetes): *Que ajuda o foguete a funcionar.*

[QI-13] (carro em movimento): *Energia que ajuda o carro a funcionar.*

[QI-18] (sol-planta): *A energia solar, e energia que as plantas têm para sobreviver.*

[1DEB:10-16]5 (10) Fátima – *Eu acho que no fogo não tem energia não. A única coisa que leva a ter o fogo, por exemplo, como a Mary me falou: “acende o fósforo e tal...”, não tem nada que leve o fogo a ter energia não, eu acho...*

(11) JP – *A chama de um lampião, por exemplo. O que tem que ter no lampião para ter chama?*

(12) Fátima – *O gás.*

(13) JP – *E gás tem energia? Querosene tem energia? Ou não?*

(14) Fátima – *É, pode ser... [expressando dúvida].*

(15) JP – *Mas a chama, em si, não tem energia não?*

(16) Fátima – *Eu acho.*

Uma estudante, Eliane, explica o que entendeu:

(21) *Quando o gás está fechado, você aperta um botãozinho e sai fogo ali, porque tem energia [restringindo a energia à centelha provocada pelo sistema de ignição].*

(22) Fátima – *Você aperta o botão daquela coisa, mas não acende, não tem o gás.*

Esse trecho mostra que a aluna tem dificuldade no entendimento do processo de combustão e sua relação com energia. Ela percebe mecanismos de disparo para obtenção do fogo, como o fósforo ou o sistema de ignição elétrica dos fogões, reconhece a necessidade de um combustível para manutenção da chama, mas não tenta explicá-la com o conceito de energia. Fátima entende a chama como algo independente de agentes causais e que não está associada ao conceito de

---

<sup>5</sup> Leia-se: primeiro debate – linhas 10 a 16.

energia. Quando o assunto é retomado na primeira entrevista, ela tem uma postura diferente e busca testar seu modelo, manifestando dúvida sobre sua adequação à situação. Com isso, ela se coloca numa postura de reconstrução do seu modelo, mas ainda sem demonstrar que consegue pensar sobre a situação em termos de processo.

Em toda a análise da intervenção (ver BARBOSA, 2003), recorreremos à distinção introduzida por Kuhn (1977) sobre as formas de explicações causais: *causalidade restrita* (ou “eficiente”, segundo Aristóteles) e *causalidade auto-suficiente*. A *causalidade restrita* se expressa de duas maneiras: pressupõe a identificação clara de um agente e de um receptor aliada a uma idéia de intencionalidade (causalidade restrita de primeira ordem); ou expressa a idéia de que a energia surge em um evento como elo necessário entre a ação executada pelo agente e o evento (causalidade restrita de segunda ordem). Assim, se ao executar (ou realizar) uma determinada ação a energia “surge”, ela desempenha a função de um agente “mediador” (passivo) entre o agente ativo e o evento (ou efeito) observado. Exemplo: “*O corpo cria uma energia para andar de bicicleta*”, em que o corpo seria o agente causal ativo e o evento o movimento da bicicleta, sendo a energia um agente mediador.

Ainda na primeira entrevista, Fátima revela a idéia de que a energia pode ser criada:

[1ENT:58]: *O corpo cria uma energia para andar de bicicleta.*

[QI-01] (som de alto-falantes): *Tem a energia que é transmitida pelo som que ouvimos.*

[QI-15] (molécula): *As moléculas [agente ativo] nos dão energia, para os nossos sistemas funcionar.*

[QI-19] (pilha-lâmpada): *A energia [agente mediador] transmitida pela pilha [agente causal] que faz a lâmpada [agente receptor] acender.*

A estudante Fátima utiliza termos que poderiam indicar a sua compreensão da energia relacionada a processos (de transmissão, de transferência ou transformação e de armazenamento). Pode-se perceber ainda que esse tipo de raciocínio, usado pela aluna, guarda uma relação com a causalidade restrita de segunda ordem. A passagem a seguir mostra que a idéia de transformação (como um processo) está presente, mas de forma incipiente, e mostra que o agente “corpo do ciclista” faz surgir a energia necessária à realização do evento (movimento da bicicleta):

[1ENT:58-60] (58) Fátima – *O ciclista tem energia (Fig. 8). Não propriamente tem uma energia, mas, por exemplo, quando ele anda de bicicleta, o seu corpo tem uma energia, cria uma energia pra andar de bicicleta. A gente não gasta muita energia quando vai fazer certo tipo de esporte?*

(59) JP – *Se ele não tivesse energia, não movimentaria a bicicleta? A bicicleta se movimenta por quê?*

(60) Fátima – *Acho que não, né. Ela se movimenta por causa da energia que tem no corpo do ciclista. Eu não sei o nome...*

A possibilidade de transmitir, transferir ou armazenar energia é evidenciada nas seguintes passagens:

[QI-01] (som de alto-falantes): *Tem a energia que é transmitida pelo som que ouvimos.*

[QI-19] (pilha-lâmpada): *A energia transmitida pela pilha que faz a lâmpada acender.*

[QI-21] (pilha): *Tem a energia transmitida para que os aparelhos funcionem.*

[QI-05] (jogador de futebol): *Energia que temos no corpo que nos ajuda na prática de esportes.*

[QI-08] (andando de bicicleta): *Tem a energia que perdemos quando praticamos esportes.*

[QI-20] (prato com alimento): *A energia que o alimento passa ao nosso corpo.*

Na situação [5] do pré-teste, a aluna responde “*a energia que temos no corpo*” e depois, na situação [20], diz que “*a energia que o alimento passa ao nosso corpo*”. Nesse raciocínio, encontra-se incorporada a idéia de que a energia pode ser armazenada e transferida através de processos, que ainda não são claros para ela. No entanto, ela somente percebe esse aspecto quando considera a energia como o elo causal ou como o próprio agente causal. Quando, por qualquer razão, ela não consegue estabelecer elos causais entre os estágios do processo, descarta a presença da energia. Assim também ocorre nas situações do debate em sala de aula (ver transcrição anterior – *IDEB (01-08)*) e no seguinte trecho da entrevista:

[1ENT:75]: *A flecha está no arco, mas tem que ter uma pessoa para lançar ela. O arco sozinho não vai lançar. Igual no caso do ciclista e do jogador de futebol, tem que ter uma pessoa...*

Através de uma análise do questionário inicial, pode-se notar que a aluna não identifica energia na chama [7] nem no petróleo [3], mas identifica no foguete [10] e no carro em movimento [13]. Como nas quatro situações faz-se referência ao uso de um combustível, esse não é, para ela, o aspecto relevante. Fica evidente que a aluna associa energia com movimento e que, para ela, onde não há movimento não há energia. Novamente, nessas circunstâncias, não parece possível, para a aluna, identificar quem produz efeitos (agente) e quem os sofre (paciente).

O modelo inicial de energia da aluna Fátima reúne idéias de energia como algo que existe de fato, é real, embora intangível, mas que oscila entre o concreto e o abstrato. A energia é como se fosse uma substância invisível que pode ser criada, transferida de um corpo (ou objeto) a outro a partir de processos de mudança que não estão suficientemente claros para ela, e por essa razão, se mostram ainda inconsistentes. Tais processos estão sempre associados a idéias de mecanismo causal, isto é, suas explicações buscam sempre identificar agente e paciente na relação causal.

## **VI. Discussão e conclusão**

Os livros-texto de ciências enfatizam as várias formas de energia, cada uma apresentada dentro de domínios específicos das ciências naturais. Fala-se em energia potencial gravitacional, energia cinética, energia potencial elástica e outras formas de energia usadas na ciência, mas também de uso corrente em situações não-escolares, embora com significado pouco preciso, como por exemplo, energia química, energia térmica, energia eólica, energia elétrica, energia nuclear e outras. O uso dessa ampla variedade de formas de energia, cada uma associada a processos e fenômenos particulares, sugere que não sabemos exatamente o que a energia é. Essa é uma idéia usada por Feynman et al. (1965) em seu famoso livro de Física, no qual destaca que energia é uma quantidade que podemos calcular com uma variedade de fórmulas e que permanece inalterada em alguns eventos. Sabemos que há algo a que damos o nome de energia que existe em diferentes formas que podem ser transformadas em outras, obedecendo ainda a um princípio de conservação básico da ciência, mas que, apesar de ser transformada, continua sendo energia.

Bunge (2000) argumenta que energia é da mesma classe que conceitos como coisa e propriedade, evento e processo, espaço e tempo. É um conceito que deve ser filosófico e ontológico. Bunge se propõe a construir uma mini-teoria do conceito de energia, partindo da equivalência entre energia e transformabilidade. A

teoria não vem ao caso agora, visto que ela se dirige aos especialistas e nosso interesse era investigar como os estudantes compreendem o conceito de energia antes de iniciar o seu estudo na física do ensino médio.

Os resultados sugerem que, por ocasião da realização da fase inicial da intervenção (o pré-teste, entrevistas iniciais e debate inicial de toda a turma), os alunos não dispunham de modelos mentais consistentes para a interpretação e explicação das situações a ele apresentadas. O conceito de energia não é de todo novo para os estudantes da turma, pois o termo permeia sua fala cotidiana, além de ser um tópico presente nos currículos da disciplina Ciências desde a 5<sup>a</sup> série do ensino fundamental, o que não significa que os alunos o compreendam de forma coerente. Embora estivesse explícito no enunciado do teste que as respostas deveriam se basear no seu conhecimento de energia, as respostas dadas pelos estudantes às situações que demandavam tipos semelhantes de argumentos mostraram-se inconsistentes. O resultado se justifica, pois eles analisam cada situação à luz de uma conceitualização; de energia emergente (no sentido de algo concebido naquele momento) e nem sempre unitária. A forma como cada estudante conceitualiza a situação depende de como ele a percebe, se ela lhe é familiar ou não, que elementos “saltam aos olhos”, que elementos ele não percebe ou percebe de forma diferente daquela pretendida pelo pesquisador. Isso significa que depende também de seus conhecimentos anteriores, que analogias lhe ocorrem para cada caso, que atributos ontológicos e causais ele percebe como pertinentes e relevantes; o que gera diferentes respostas. Quanto a isso, é importante lembrar que as interpretações das respostas pelos pesquisadores são baseadas não apenas em um instrumento como o pré-teste, mas também originam-se da análise do debate inicial em sala de aula e das entrevistas.

O resultado de nossa análise ressalta dois aspectos importantes da pesquisa sobre a aprendizagem do conceito de energia. O primeiro diz respeito à dificuldade dos alunos em utilizar o conceito de energia em situações materializadas na forma de desenhos, o que é indicado pela proliferação de termos que eles utilizam para descrever aquelas situações (Tabela 2). Isso significa que, em geral, os estudantes conseguem falar sobre o conceito de energia sem estarem aptos a reconhecer instâncias as quais o conceito se aplica. Essa dificuldade é sentida por estudantes ao longo de toda a sua educação básica. É claro que todo conceito é abstrato, pois se refere a idéias ou construções teóricas, mas há razões para se acreditar que isso ocorre com outros conceitos de natureza mais abstrata, isto é, conceitos cujos significados não se mapeiam diretamente em experiências concretas de vida, como no caso de relatividade do movimento ou de velocidade.

Entendemos que a dificuldade que os estudantes sentem em empregar o conceito de energia às várias situações que lhes foram propostas indica que eles não se sentem confiantes acerca de como conceber a natureza da energia. Essa insegurança sobre como pensar sobre a natureza da energia é responsável, em nossa visão, pela enorme variabilidade e inconsistência nos raciocínios e explicações dos estudantes ao longo do teste (BARBOSA; BORGES, 2004). Os livros de Ciências e de Física em uso nas nossas escolas enfatizam os processos de transferência e transformação de energia e o princípio da conservação, mas nenhum livro que conhecemos utiliza uma abordagem ao tema baseada em modelos. A literatura revista sugere que há uma forte tendência de estudantes de diversas faixas de escolarização a tratar energia como uma substância, o que é considerado como uma concepção incorreta, embora possa ser facilmente modelada.

Em Física, consideramos que existem apenas energia cinética e energia potencial. Esta última se manifesta de diferentes maneiras, ou melhor dizendo, pode ser calculada através de diferentes equações, pois depende das formas específicas de interação envolvidas nos sistemas de interesse. É preciso avaliar o que ganhamos e o que perdemos ao insistir em ensinar energia como algo abstrato, que existe em muitas formas, que pode ser armazenado, transferido e transformado. As características mais salientes do conceito de energia percebidas pelos estudantes são típicas de substâncias.

O segundo aspecto é a relativa facilidade e espontaneidade que os estudantes fazem das “formas de energia”, como um sistema de categoria que permite organizar a compreensão e aplicação do conceito de energia. A noção de formas de energia também é problemática. Ao longo do estudo de energia no ensino médio ou nos cursos iniciais de graduação, fica sempre a dúvida de como essas diferentes formas podem se transformar umas nas outras e continuar sendo energia. Afinal, o que torna as formas de energia diferentes entre si? Numa abordagem baseada em modelos, essa noção torna-se um complicador, sendo, de fato, desnecessária.

Se acreditamos que é importante que nossos estudantes aprendam não apenas o conhecimento científico disciplinar, mas também que comecem a aprender na educação básica sobre a ciência e a fazer ciência, então devemos envolvê-los em atividades visando construir e utilizar modelos para produzir explicações e previsões. Eles devem aprender sobre a importância de validar e revisar seus modelos, quando necessário, e como fazê-lo, além de compreender a natureza provisória do conhecimento. Se esse é o caso, acreditamos que isso deve

começar bem cedo, na escola fundamental. A tarefa da escola seria então promover, desde os primeiros anos de escolarização, o desenvolvimento das competências iniciais das crianças em modelar fenômenos simples para chegar a situações mais complexas no ensino médio. Essa é uma perspectiva de longo prazo que assume que, mais importante que a aprendizagem de fatos e fórmulas, é o desenvolvimento das competências de contruir, testar, revisar e utilizar modelos para produzir explicações e para fazer previsões. Sem isso, a introdução de modelos e de modelamento no currículo pode acabar dando origem a novos rituais, como a resolução de exercícios e as atividades práticas usuais, perdendo o seu valor educativo.

## Referências

BARBOSA, J. P. V. **Evolução dos Modelos Mentais de Energia**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. Modelos iniciais de energia. In: MOREIRA, M. A. (Org.) ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IV, 2003, Bauru. **Atas...** Porto Alegre: ABRAPEC. 2004. p 1-12.

BLACK, P.; SOLOMON, J. Life world and science world – pupils’ ideas about energy. In: HODGSON, B.; SCANLON, E. (Eds.). **Approaching primary science**. Hooper education series. Milton Keynes: Open University Press. 1985.

BLISS, J.; OGBORN, J. Children’s choices of uses of energy. **European Journal of Science Education**, v. 7, n. 2, p. 195-203, 1985.

BORGES, A. T.; BARBOSA, J. P. V. Aspectos estruturais dos modelos iniciais de energia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, V, 2005, Bauru.

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.15, n.1, p. 7-31, abr. 1998.

\_\_\_\_\_. Como evoluem os modelos mentais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n.1, p. 85-125, 1999.

\_\_\_\_\_. **Mental models of electromagnetism**. 1996. Tese (Doutorado) - Universidade de Reading, Inglaterra.

CLAXTON, G. **Educating the inquiring mind**. London: Harvester Wheatsheaf. 1991. 154 p.

BUNGE, M. Energy: Between physics and metaphysics. **Science & Education**, v. 9, p. 457-461, 2000.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, v. 22, p. 1041-1053, 2000.

CHI, M. T. H.; SLOTTA, J. D.; de LEEUW, N. From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. **Learning and Instruction**, v. 4, p. 27-43, 1994.

\_\_\_\_\_ Creativity: Shifting across ontological categories flexibly. In: WARD, T. B.; SMITH, S. M.; VAID, J. (Eds.). **Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes**. Washington DC: American Psychological Association, 1997. p. 209-234.

DRIVER, R.; WARRINGTON, L. Students' uses of principle of energy conservation in problem situations. **Physics Education**, v. 20, n. 4, p. 171-176, 1985.

DRIVER, R. et al. **Making sense of secondary science – Research into children's ideas**. New York: Routledge, 1994.

DUIT, R. Understanding energy as a conserved quantity. **European Journal of Science Education**, v.3, p. 291-301, 1981.

DUIT, R. Students' notions about energy concept – before and after physics instruction. In: JUNG, W.; PFUNDT, H., RHONECK, C. von (Eds.). **INTERNATIONAL WORKSHOP IN PROBLEMS CONCERNING STUDENTS' REPRESENTATION OF PHYSICS AND CHEMISTRY KNOWLEDGE**, 1981, Ludwigsburg. **Proceedings...** p. 268-319.

\_\_\_\_\_ Learning the energy concept in school – empirical results from the Philippines and West Germany. **Physics Education**, v. 19, p. 59-66, 1984.

\_\_\_\_\_ Should energy be illustrated as something quasi-material? **International Journal of Science Education**, v. 9, n. 2, p.139-145, 1987.



DUIT, R.; HAEUSSLER, P. Learning and teaching energy. In FENSHAM, P. et al. (Eds). **The content of science (A construtivist approach to its teaching and learning)**. London: The Palmer Press, 1995.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman Lectures on Physics**. Reading: Addison-Wesley Publishing, 1963.

GAYFORD, C. G. Some aspects of the problems of teaching about energy in school Biology. **European Journal of Science Education**, v. 8, n. 4, p. 443-450, 1986.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: COLINVAUX, D. (Org.). **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

GILBERT, J. K.; POPE, M. Small group discussions about conceptions in science: a case study. **Research in Science and Technological Education**, v. 4, p. 61-76, 1986.

GRANDY, R. E. What are models and why do we need them? **Science & Education**, v. 12, p. 773-777, 2003.

HESTENES, D. A. Modeling theory of Physics instruction. **American Journal of Physics**, v. 55, p. 440-454, 1987.

IOANNIDIS, G. S.; SPILIOPOULOU, V. Childrens drawings and stories about energy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION (ESERA), II, 1999, Kiel. **Atas...** v. 1, p. 95-97.

JOHNSON-LAIRD, P. N. The nature of mental models. In: JOHNSON-LAIRD, P. N (Org.) **Mental models. Towards a cognitive science of language, inference and consciousness**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. cap. 15, p. 396-447.

KLEER, J.; BROWN, J. S. Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Eds). **Mental Models**. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum, 1983. p.155-190.

KUHN, T. S. **The essential tension – Selected studies in scientific tradition and change**. The University of Chicago Press: Chicago. 1977. cap. 2 e 4.

LEHRER, R.; SCHAUBLE, L. Developing model-based reasoning in Mathematics and Science. **Journal of Applied Developmental Psychology**, v. 21, n. 1, p. 39-48, 2000.

LINN, M. C.; HSI, S. **Computers, teachers, peers**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2000. 460p.

MARIANI, M. C.; OGBORN, J. Common-sense reasoning about conservation: the role of action. **International Journal of Science Education**, v. 12, n. 1, p. 51-56, 1990.

\_\_\_\_\_ Towards an ontology of common-sense reasoning. **International Journal of Science Education**, v. 13, n. 1, p. 69-85, 1991.

\_\_\_\_\_ The ontology of physical events: a comparison of two groups. **International Journal of Science Education**, v. 17, n. 5, p. 643-661, 1995.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Eds.). **Mental Models**. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum, 1983. p. 7-14.

PINHEIRO, T. F.; PIETROCOLA, M. Um estudo sobre critérios de realidade em estudantes do ensino médio. In: VIANNA, D. M.; PEDUZZI, L. O. Q.; BORGES, O. N.; NARDI, R. (Orgs.). In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Lugar. **Atas...** São Paulo: SBF, 2002. CD-Rom.

ROSCHELLE, J. Learning in interactive environments: prior knowledge and new experience. **Association of Science-Technology Center**, 2002. Disponível em: <<http://www.astc.org/resource/educator/priorknw.htm>> Acesso em 01 mai. 2003.

SOLOMON, J. **Getting to Know about Energy in School and Society**. London: The Palmer Press, 1992.

SMITH, J. P.; DISESSA, A. A.; ROSCHELLE, J. Misconceptions reconceived: a constructivist analysis of knowledge in transition. **Journal of the Learning Science**, v. 3, n. 2, p. 115-163.

TRUMPER, R. Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept – part one. **International Journal of Science Education**, v. 12, n. 4, p. 343-354, 1990.

\_\_\_\_\_ The need for change in elementary school teacher training: the case of the energy concept is an example. **Educational Research**, v. 39, n.2, p. 157-174, 1997.

WATTS, D. M. Some alternative views of energy. **Physics Education**, vol. 18, pág. 213-216, 1983.

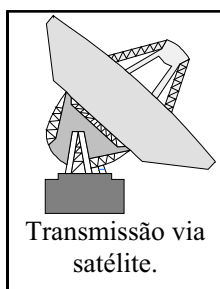
WATTS, D. M.; GILBERT, J. K. **Appraising the understanding of science concepts: energy**. Guildford: University of Surrey, 1985.

### Anexo A – Pré-teste

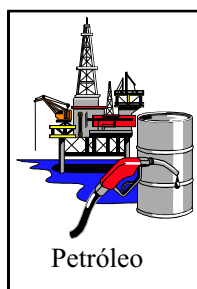
QUESTÕES SOBRE ENERGIA – *Você certamente já ouviu falar de energia no seu dia-a-dia. Baseado nos seus conhecimentos, assinale quais situações descritas abaixo você pode identificar a presença de algum tipo de energia. Para cada situação assinalada anteriormente, procure dar uma justificativa no quadro que segue.*



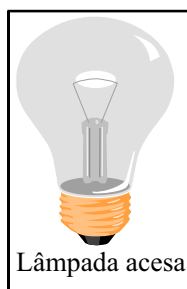
[ ] 1



[ ] 2



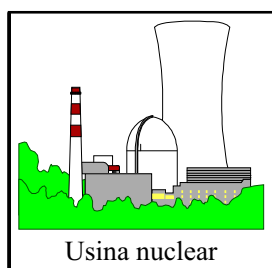
[ ] 3



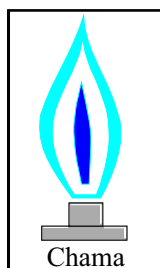
[ ] 4



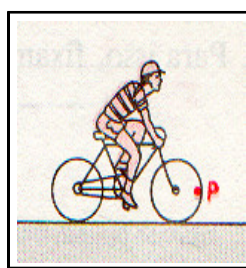
[ ] 5



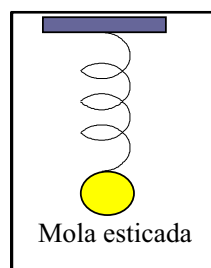
[ ] 6



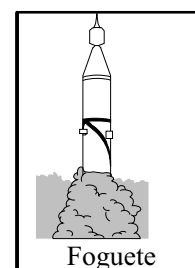
[ ] 7



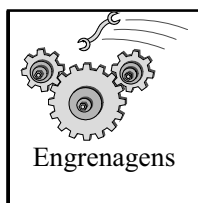
[ ] 8



[ ] 9

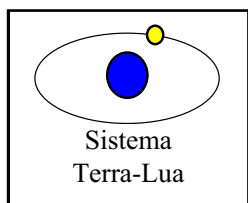


[ ] 10



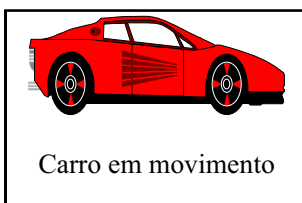
Engrenagens

[ ] 11



Sistema  
Terra-Lua

[ ] 12



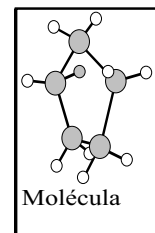
Carro em movimento

[ ] 13



Estátua

[ ] 14



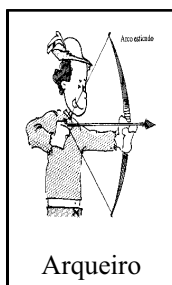
Molécula

[ ] 15



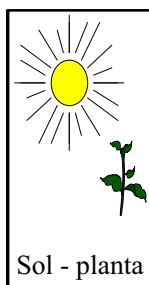
Esfera  
parada  
sobre a  
mesa

[ ] 16



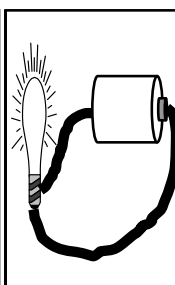
Arqueiro

[ ] 17

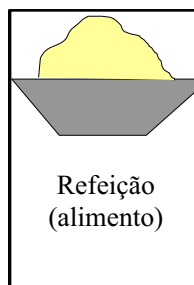


Sol - planta

[ ] 18

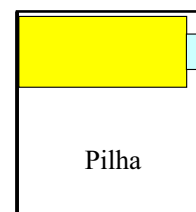


[ ] 19



Refeição  
(alimento)

[ ] 20



Pilha

[ ] 21