

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DOS MODELOS PESSOAIS DE ENERGIA

João Paulino Vale Barbosa [jpaulino@uai.com.br]

Universidade Federal de Minas Gerais

INTRODUÇÃO.

Este trabalho é parte integrante de uma pesquisa que está sendo realizada entre alunos do 1º ano do ensino médio, cujo objetivo é mapear o desenvolvimento dos modelos pessoais de energia dos estudantes. Apresentaremos aqui a estrutura utilizada para essa pesquisa, com as análises preliminares de um caso tomado como exemplo. A pesquisa se dá em três fases: a primeira fase busca categorizar os níveis iniciais dos modelos pessoais dos estudantes através da análise de suas concepções prévias. A segunda fase é o núcleo do trabalho tanto para os aspectos de ensino-aprendizagem quanto para a pesquisa. Nesta fase, continuaremos a tomar os depoimentos dos estudantes para acompanhar a evolução dos seus modelos pessoais e observar seus *movimentos* em torno do conhecimento novo, os quais denominamos *movimentos de aproximação do conhecimento* e *movimentos de organização do conhecimento*. Finalmente, na terceira fase, através de um teste escrito, estaremos categorizando em níveis suas últimas expressões manifestadas no final do curso. Terminamos por avaliar com alguma cautela, que é possível verificar tais movimentos em torno do conhecimento novo e também avaliar a mudança do nível dos modelos pessoais para aquele estudante.

1ª FASE – ESTUDO E CATEGORIZAÇÃO DOS MODELOS PRÉVIOS DOS ESTUDANTES.

Para a pesquisa foram selecionados seis estudantes de uma turma de 38 alunos do 1º ano do ensino médio (noturno) de uma escola pública, considerando sua disposição de participar e também sua desenvoltura para falar diante dos instrumentos de gravação (câmera e gravador). Toda a turma, incluindo os estudantes selecionados, participou normalmente das atividades em sala de aula. Além do debate em sala de aula, fizemos seções de entrevistas fora da sala de aula sempre em grupos de 3 estudantes entre os 6 selecionados. Neste artigo estaremos apresentando como exemplo o caso do estudante Jorge Bruno (JB).

A primeira fase se constitui de um teste em que os estudantes analisaram 21 figuras e tiveram de assinalar aquelas nas quais identificavam qualquer relação com energia e justificar, com uma frase curta, suas opções. Suas respostas ao teste, foram consideradas como conhecimento prévio e categorizadas segundo os modelos de Gilbert e Pope (1986) e de novas categorias propostas por nós, as quais apresentamos a seguir.

Categorização proposta por Gilbert e Pope:

- ANT – Antropocêntrica – energia relacionada com seres humanos.
- RES – Reservatório – alguns objetos possuem energia armazenada e liberam-na sob certas condições.
- SUB – Substância (ingrediente) – energia é um ingrediente “adormecido” dentro dos objetos, que são ativados por um dispositivo de disparo.
- ATV – Atividade – energia como uma atividade óbvia, no sentido de que havendo atividade, há energia.
- PRO – Produto – energia é um subproduto de um estado ou de um sistema.

- FUN – Funcional (combustível) – energia vista como uma idéia muito geral de combustível associada a aplicações tecnológicas que visam proporcionar conforto para o homem.
- FLU – Fluído – energia vista como um certo tipo de fluído transferido em certos processos.

Categorias acrescentadas:

- CAU – Causalidade – Expressa uma relação de causa e efeito inequívoca, do tipo “evento A causa evento B” (Trumper, 1997).
- TER/us – Terminológica/usual – Usa um termo cientificamente aceito, como um rótulo, para classificar uma forma de energia, que pode ou não, em primeira análise, estar sendo utilizado de forma coerente.
- TER/nu – Terminológica/não usual – usa um termo não usual, e em primeira análise, totalmente sem sentido com relação ao conceito.
- NID – Não identificado – Uma expressão que ainda não foi enquadrada em nenhuma categoria.

A essas categorias nós acrescentamos uma escala para caracterizar desde uma tendência mais marcante até uma tendência fraca, a saber: ft (forte), mf (médio-forte), md (média) e fr (fraca).

Forte (ft) – indica a identificação daquele modelo em, no mínimo, 8 das opções assinaladas e explicadas pelo estudante no teste prévio.

Médio-forte (mf) – indica a identificação daquele modelo em 7 ou 6 das opções assinaladas e explicadas pelo estudante no teste prévio.

Média (md) – indica a identificação daquele modelo em 4 ou 5 das opções assinaladas e explicadas pelo estudante no teste prévio.

Fraca (fr) - indica a identificação daquele modelo em 3 das opções assinaladas e explicadas pelo estudante no teste prévio.

Observações:

- À mesma explicação pode ser atribuído mais de um modelo.
- Um sinal (+) é acrescentado a esses códigos para indicar se o estudante assinalou, no total, pelo menos 14 das 21 opções e um sinal (-) para indicar que ele assinalou até no máximo 7 das 21 opções. O objetivo é indicar a amplitude do uso do modelo pessoal de energia com relação às situações indicadas pelas figuras apresentadas. Uma vez que em qualquer figura é possível estabelecer uma relação com o conceito de energia, o sinal (+) indica que o estudante é capaz, de alguma forma, de reconhecer a relação com o conceito de maneira variada (não significando que seja a forma aceita cientificamente). O sinal (-) indica que esta capacidade de estabelecer relação é mínima. Esta análise nos leva a conclusão de que nada impede que, nessa primeira fase, o estudante apresente um modelo pessoal de característica médio-forte (mf), mas de amplitude limitada. Exemplo: Um estudante assinalou 7 figuras apenas, o que demonstra uma amplitude mínima (-). Ao mesmo tempo, verificamos que, em suas explicações podemos identificar em 6 oportunidades o modelo antropocêntrico (ANT), o que indica um modelo pessoal médio-forte de amplitude mínima – [mf (-)].
- Abaixo de 3 marcações não se considerou como suficiente para identificação de um modelo.

Ainda na primeira fase, fizemos um debate em sala de aula com a participação de toda a turma a partir de suas respostas ao teste prévio. O debate foi gravado em vídeo e as explicações dos estudantes selecionados foram associadas à categorização de Gilbert e Pope para a definição do nível do modelo pessoal de cada um. Para a classificação dos níveis dos modelos utilizamos uma proposta desenvolvida por Borges (1999), sendo ela apresentada em

4 níveis. Nossa proposta é trabalhar com os níveis 1 e 2, subcategorizando-os, uma vez que os níveis 3 e 4, foram considerados muito sofisticados para o grupo com que trabalhamos.

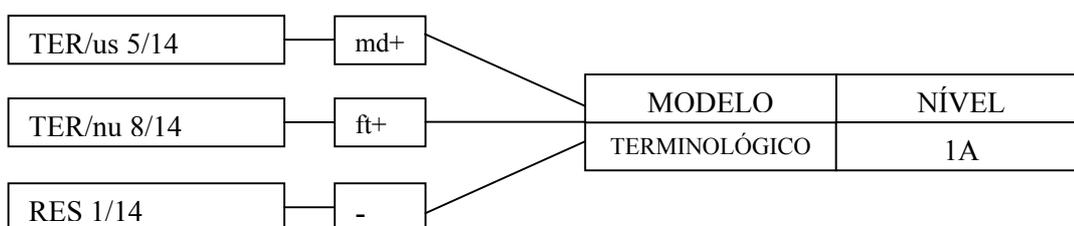
Classificação segundo Borges¹ (1999):

- Nível 1A. Uso não diferenciado de termos para tratar de um mesmo conceito, por exemplo: energia, força, potência, calor, etc.
- Nível 1B. Não mencionam nenhum tipo de estrutura interna (abstrata ou concreta) para as explicações dadas aos eventos observados. Essas são baseadas em atributos intrínsecos e salientes dos objetos envolvidos. (pág. 99).
- Nível 2A. Utilizam uma seqüência temporal de eventos. Usam algumas idéias gerais de causalidade, mas ainda não há uma idéia de interação.
- Nível 2B. Quando aparece a idéia de interação ela é apenas circunstancial, muito vaga², mas, não necessária. Podem usar certas “entidades” ou propriedades³ físicas, mas sem expressar uma compreensão clara.

Exemplos de mapeamento na 1ª fase para o estudante Jorge Bruno (JB):

Teste prévio.

No teste prévio, o estudante Jorge Bruno limita-se a relacionar as figuras apresentadas a palavras ou expressões curtas. Foram as seguintes suas respostas: energia elétrica (sobre o alto-falante), líquido inflamável-combustão (petróleo), energia elétrica-combustão (para a lâmpada acesa), energia humana (jogador chutando bola), energia nuclear (usina nuclear), combustão (chama), engrenagem e propulsão humana (menino andando de bicicleta), combustão (fogete), engrenagem (para um sistema de engrenagens em movimento), combustão (carro em movimento), energia solar (sistema sol-planta), nutrição (um prato de alimento) e armazenagem de energia elétrica (pilha elétrica).



Debate em grupo⁴. Alguns recortes.

Sobre o alto-falante.

JB – Não havia uma forma de transmitir som se não houvesse energia. (CAU – nível 1A).

¹ A categorização ora apresentada já inclui as subcategorias A e B, propostas por nós.

² Acrescentado por nós.

³ Acrescentado por nós.

⁴ Para as expressões acerca do debate em grupo, assim como para as fases seguintes, não há como exprimir de maneira quantitativa, da mesma forma como foi feito com relação ao teste prévio, simplesmente porque o aluno não está sendo chamado a dar sua explicação. Nessa ocasião, consideramos que a participação deveria ser espontânea, até porque os estudantes ainda estavam sendo selecionados para a pesquisa e a disposição para participar ainda estava sendo avaliada. Dessa forma, a categorização foi em número de ocorrências para um dado modelo pessoal (categorização Gilbert e Pope) e por inferência, para os níveis das explicações (Borges).

Pesquisador – De onde vem essa energia?

JB – Primeiro, uma espécie de energia elétrica... Mecanismos de ímãs que forma essa energia para emitir som. (TER/us – Nível 1B).

Sobre a lâmpada acesa.

JB – A energia que faz com que a lâmpada funcione é uma espécie de uma combustão onde a energia elétrica tem dois pólos faz que ela funcione. Vem da energia elétrica o funcionamento da lâmpada. (CAU – TER/us/nu – nível 1B).

Sobre a chama de uma lamparina.

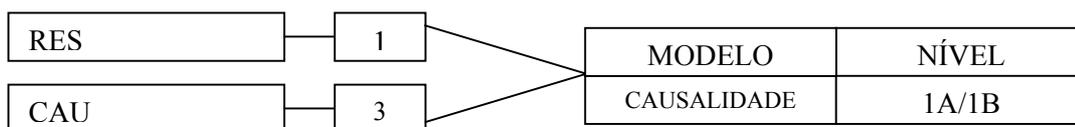
JB – Há outras formas de energia... Não podemos definir energia por energia elétrica... O fogo tem uma energia que não é elétrica... (Nível 1B).

Pesquisador – Mas, você teria um nome para essa energia?

JB – Olha, existe, é... A combustão, por exemplo... Eu não sei se é o nome apropriado, mas é também uma forma de energia. (Nível 1A).

Sobre a pilha.

JB – A pilha é uma fonte de energia elétrica... Ela pode ser recarregada na energia elétrica... É um armazenamento de energia elétrica para dar um funcionamento em celular, rádio, etc... (RES – CAU – nível 1B).



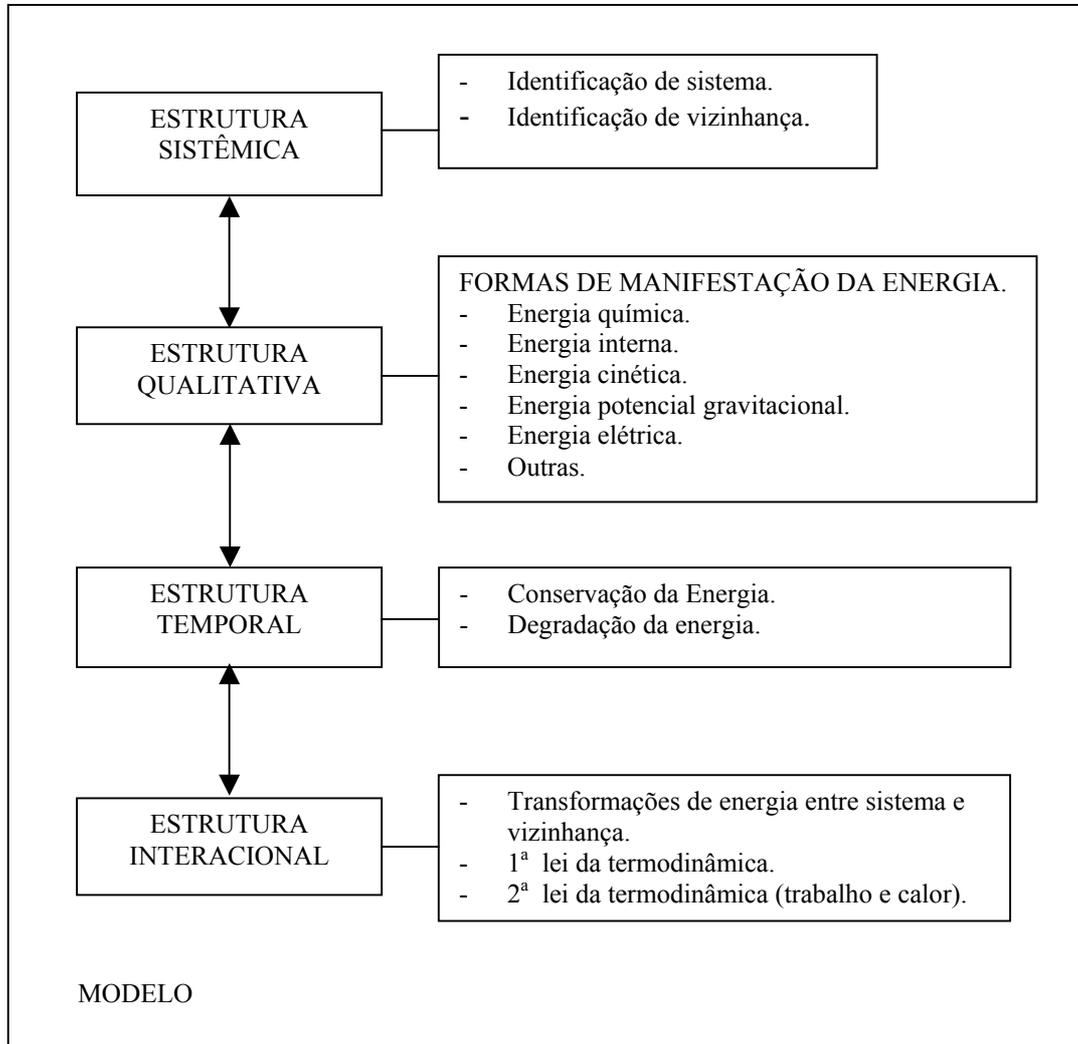
A análise dos dados acima indica, para o estudante Jorge Bruno, um modelo inicial que podemos classificar como terminológico/causal. Vale lembrar que o modelo de causalidade admitido aqui, proposto por Trumper (1997), não significa um modelo elaborado de maneira coerente com relação ao conceito de energia cientificamente aceito. A causalidade aqui representa a “*necessidade da energia para as coisas acontecerem*”.

2ª FASE – TRABALHANDO NO NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS MENTAIS – O AMBIENTE DE APRENDIZAGEM.

Esta fase é o núcleo do trabalho tanto para os aspectos de ensino-aprendizagem quanto para a observação dos movimentos dos estudantes ao se aproximarem do conhecimento científico. Ela foi desenvolvida sob três referenciais principais: a perspectiva de modelamento de Hestenes (1996), as “pontes de analogia” de Clement (1998) e a cognição distribuída (Salomon, 1997; Pea, 1997). O modelo de Hestenes foi desenvolvido para o trabalho com professores e, portanto, teve que ser adaptado para a situação de nossa pesquisa. Trata-se de um modelo construído com a preocupação de dividir o foco da aprendizagem em sistemas e desenvolvido para o estudo do tópico “leis de Newton”. No quadro 1 apresentamos nossa proposta de sistematização para o tópico energia.

Os temas estudados começam por uma abordagem através de textos. No transcorrer dos textos os estudantes se deparam com questões propostas que devem ser respondidas antes de passarem aos próximos parágrafos. Este estudo é feito em grupos e permite ao professor comentar e interferir no trabalho do grupo quando julgar necessário e também que os alunos expressem suas idéias entre si e com o professor. Isso é fundamental tanto para o

desenvolvimento de modelos (Gilbert e Boulter, 1998) como também para a metodologia da pesquisa no que diz respeito à construção de dados. As situações discutidas e as interferências promovidas pelo professor (tanto teóricas quanto experimentais) podem ser entendidas como “âncoras de conhecimento” (figura 1).



Quadro 1 – Estruturação do modelo de ensino.

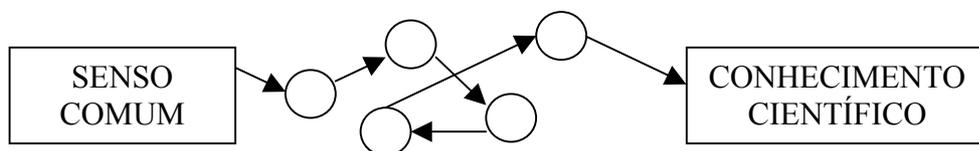


Figura 1. Estrutura progressiva não linear para um determinado processo de ensino-aprendizagem. As âncoras de conhecimento são estabelecidas pelas situações de aprendizagem: estudos de textos em grupo, experimentos, contribuição dos colegas e interferências do professor.

A segunda fase de modelamento é fundamental para acompanhar os *movimentos* dos estudantes em torno do conhecimento novo. Cada âncora pode ser entendida como um elemento do conhecimento novo. Desde o início dessa fase, os trabalhos dos alunos, suas discussões entre si e com o professor foram gravadas em vídeo (com toda a turma), assim

como novas gravações de entrevista em grupo (grupos de 3 alunos, em separado, entre os estudantes selecionados).

A perspectiva teórica da cognição distribuída (Salomon, 1997; Pea, 1997) oferece um referencial extremamente importante para essa fase da pesquisa ao postular que há “*uma reciprocidade entre cognições individuais e distribuídas em que: a) cada participante retém sua identidade e, ao mesmo tempo b) interfere reciprocamente, definindo ou mesmo dando sentido ao outro. Isto leva a uma concepção de desenvolvimento em espiral, segundo a qual qualquer modificação feita em qualquer lugar será eventualmente alterada pelas conseqüências que dispara.*” (pág. 134). Com isso, estamos admitindo que o ambiente de aprendizagem interativo deve considerar, como aponta Salomon (1997), “*a possibilidade de sistemas solidários solicitarem e cultivarem competências individuais específicas, a que ele chama de “resíduos cognitivos”, competências que interferem na realização de atividades distribuídas subseqüentes*”. (pág 134,135). A figura 2 mostra a relação entre os elementos fomentadores das cognições distribuídas e as cognições individuais.

De outro lado, estamos trabalhando com a possibilidade da teoria dos modelos mentais (nós preferimos a denominação modelos pessoais) sustentarem a cognição individual. Um esquema bastante interessante para o modelamento de um conceito por um indivíduo está representado na figura 3. Ele é baseado no modelo cíclico de Clement (1989).

Ainda nessa fase, busca-se construir um quadro modelo, através das conclusões construídas pelos estudantes e arrematadas pelo professor, em que as principais características e propriedades inerentes à energia possam ser relacionadas. O quadro modelo faz parte da estratégia de modelamento como mais um significativo para o estudante, mas é preciso dizer que ele não tem que ser necessariamente elaborado da forma apresentada no anexo I, podendo ser simplificado, de acordo com a realidade da turma que está participando da pesquisa. A opção do professor nesse caso foi apenas anotar num painel “kraft” as principais propriedades estudadas durante o curso: transformação, conservação e termos usuais. Esse painel continuou a ser utilizado nas aulas seguintes.

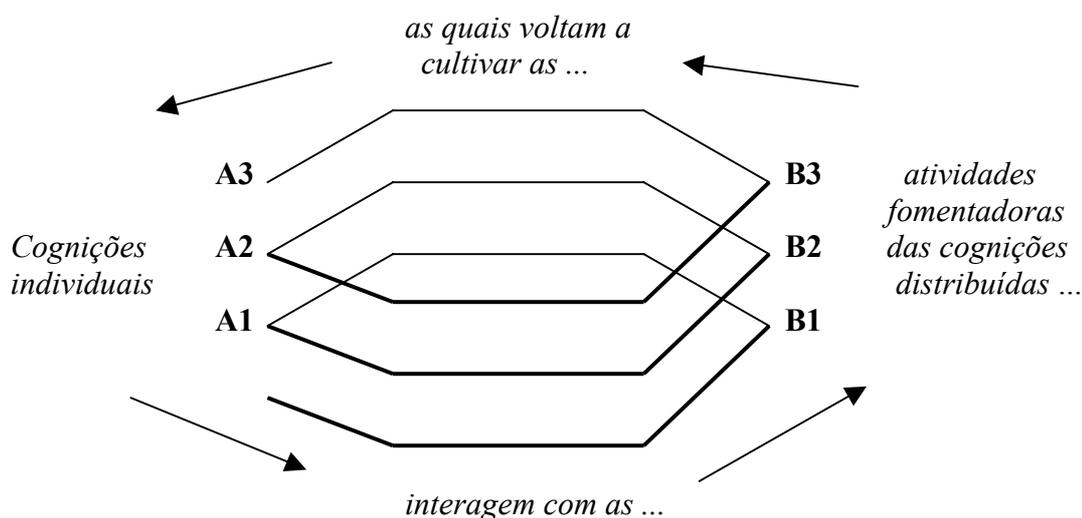


Figura 2 – Relação entre as cognições distribuídas e as cognições individuais de um sistema.

No decorrer da segunda fase, verificamos dois aspectos principais no discurso-ação do estudante Jorge Bruno. Sua postura se enquadra no perfil daquele aluno que quer mostrar ao professor que sabe, ou que está aprendendo. Suas participações são, algumas vezes,

reelaborações diretas da resposta de um colega, indicando um movimento que podemos chamar de *apropriação do discurso*.

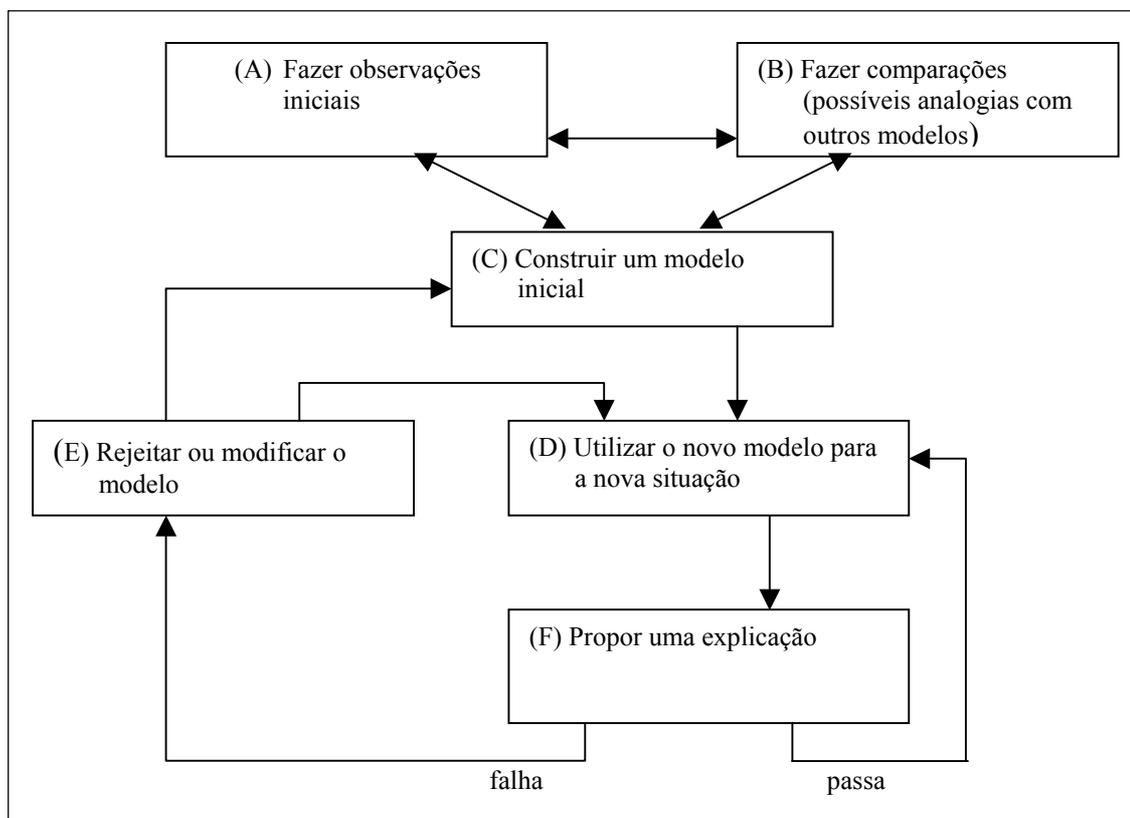


Figura 3 – Hipótese para o desenvolvimento cíclico de um modelo pessoal por um indivíduo.

Debates em sala de aula.

Discussão do texto 1 – Energia cinética e energia potencial gravitacional.

Sobre a energia cinética e energia potencial gravitacional. O exemplo de uma hidrelétrica. O professor está encaminhando a discussão para a conservação da energia (sem mencioná-la ainda) enquanto a água cai.

JB – A cinética é... no caso... a força que puxa pro centro da Terra?

JB – A gravitacional é porque simplesmente um corpo cai no ar e a cinética é porque ela se move em qualquer sentido?

Sobre o exemplo de uma luminária presa ao teto da sala.

Um outro estudante pede ao professor para refazer um desenho que ele havia feito em outra oportunidade (antes do início da pesquisa), envolvendo a força gravitacional. O professor faz o desenho.

JB – Mesmo parada ela tem energia gravitacional... Existe a força gravitacional na luminária, porque se soltar ela cai.

Aqui, parece que ele está compreendendo a situação, mas logo a seguir vem uma contradição.
Professor – Enquanto ela está parada, tem energia?

JB – Tem, porque ele está parado, sem movimento.

Nesse ponto a estudante Ana Lúcia faz um comentário comparando dois corpos de massas diferentes situados à mesma altura e sugere que o de maior massa tem maior energia gravitacional e maior energia cinética.

JB (discordando) – Nós vimos aqui na sala que os corpos percorrem 10 m/s, não importa o tamanho do corpo, o número de massa do corpo. Ao mesmo tempo que o corpo perde energia gravitacional aumentava a energia cinética nos dois corpos.

Acerca das discussões em torno do texto 1, podemos dizer que o estudante, embora tenha evoluído a terminologia usada, ainda confunde conceitos, o que justifica manter a classificação do seu modelo no nível 1A. Permanece também o modelo causal (CAU) de Trumper (1997). Aqui, podemos admitir, com muita cautela, um movimento de aproximação do conhecimento novo podendo denominá-lo de observação/comparação, conforme o esquema proposto na figura 3 (fases A e B).

Sobre o texto 3 – Fluxo de energia na biosfera.

Completando o quadro pedido na atividade.

*JB – (fazendo a leitura – as palavras grafadas em negrito foram acrescentadas pelo aluno) Um vegetal **absorve** energia do Sol em suas moléculas. Um pequeno roedor ingere a planta. Uma parte da energia **armazenada** na planta é utilizada nos processos bioquímicos do organismo do roedor e outra parte é transferida para o **ambiente** em forma de calor. A quantidade de energia fornecida pelo Sol é **igual** à soma da energia utilizada efetivamente pelo corpo mais a energia transferida ao ambiente.*

Continuando, ele tenta dar uma explicação própria:

JB – Ele não só absorve, como também produz mais energia, igual o texto fala: (lendo o texto: A fonte de energia utilizada por qualquer animal provém de uma hierarquia de organismos relacionados numa cadeia alimentar. Essa cadeia pode se iniciar nas células de vegetais e algas que realizam a fotossíntese.

Nesse ponto o professor decide discutir, a partir do uso do termo “igual”, a conservação da energia. A estudante Ana Lúcia explica o que entende do termo:

AL – Se a energia do Sol é 100%, só se for 50 % da energia do corpo (utilizada pelo corpo) mais 50% da energia transferida.

Jorge Bruno também vai dar a sua explicação:

JB – Eu acredito, como está no livro aqui, que a quantidade de energia fornecida pelo Sol é x... (pensando), por exemplo 100%, como ela citou, e é igual à soma da energia utilizada pelo corpo, que o organismo absorve de um alimento ingerido, por exemplo, mais a energia que é transferida para o ambiente, ou seja, essa soma, a que o corpo absorve (50%), e 50% transfere para o ambiente, é a soma dos 100% que é a energia do Sol.

Nota-se que o estudante começa a formular uma explicação: “... fornecida pelo Sol é x...”, mas como ele ainda não está muito certo sobre suas idéias, se apropria da fala da colega para organizar seu conhecimento. Além dessa estratégia, ele usa o recurso de repetição do texto (citação), que também pode vir a ser considerado como movimento de organização do conhecimento novo. Nesse ponto, podemos verificar que Jorge Bruno começa a se familiarizar com termos usuais relativos ao conceito de energia, embora ainda, de maneira muito confusa (nível 1A).

Entrevistas em grupo.

Passaremos a transcrever abaixo, trechos da entrevista em grupo (3 estudantes) realizada após as atividades com textos em sala de aula.

Sobre energia potencial gravitacional – dependência da altura e da massa.

JB – (discordando do colega (Walter) que disse que a energia potencial gravitacional dependia apenas da altura). Pra ela perder energia gravitacional ela tem que chegar ao chão, no ponto zero. Quando ela desce, dependendo do peso do corpo, a energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética.

Sobre uma pessoa que anda e pára em seguida.

Entrevistador – Eu estou andando e de repente paro. Para onde foi a energia cinética? A energia acaba?

JB – Só não acaba se... Se você parar, eu não sei... Eu perdi a aula no dia de discutir conservação de energia... Se você parar a energia cinética é zero. Acredito que acaba a energia cinética. Você está andando em linha reta, não está subindo, não ganha energia potencial gravitacional. A energia é anulada.

Sobre a energia de um ciclista em movimento.

Pesquisador – De onde vem a energia que o ciclista tem, ou melhor, o que tem a ver o movimento do conjunto ciclista-bicicleta com a energia do alimento que ele ingeriu?

Antes disso, alimento é energia?

JB – Alimento é energia.

JB – (continuando) Ele está gastando parte da energia química e transformando em energia cinética.

Pesquisador – Só energia cinética? O que acontece com qualquer atleta quando ele se exercita fisicamente?

JB – A energia química é também transformada em calor.

JB – (perguntando ao pesquisador) – Como se chama essa energia do calor?

O pesquisador volta ao exemplo da pessoa que anda e depois pára.

JB – Um exemplo é o ser humano... Caminhando mesmo pouco, ele transforma energia química na energia cinética e na energia térmica também.

É possível notar que ele assimila esse modelo de transformação de energia e da degradação (esse tipo de abordagem não chegou a ser usado nem pelo professor nem pelo pesquisador em nenhum momento anterior). Embora os depoimentos do estudante Jorge Bruno ainda sejam confusos, observa-se, nessa fase, uma evolução no nível das explicações dadas por ele. Não é difícil concluir que ele já usa, conscientemente ou não, uma seqüência temporal de eventos e uma idéia vaga de interação (nível 2A e 2B).

3ª FASE – TESTE FINAL.

Foi elaborado um teste final escrito, com algumas figuras (como no teste prévio), para que o estudante identifique alguma forma de manifestação de energia, ou processo de transferência/transformação. Além das figuras são propostas algumas questões como as mostradas abaixo. No espaço reservado às respostas estão reproduzidas aquelas dadas pelo estudante Jorge Bruno, com os comentários do pesquisador.

As questões 1 e 2, que seguem, referem-se a experimentos que serão demonstrados pelo professor. Tente interpretar cada situação utilizando o que você aprendeu sobre energia.

1ª QUESTÃO. Este experimento constitui-se de uma manivela cujo eixo possui um atrito elevado. Um termômetro colocado estrategicamente verifica a elevação da temperatura quando a manivela é girada.

Observe o experimento apresentado pelo professor e explique as transformações de energia envolvidas.

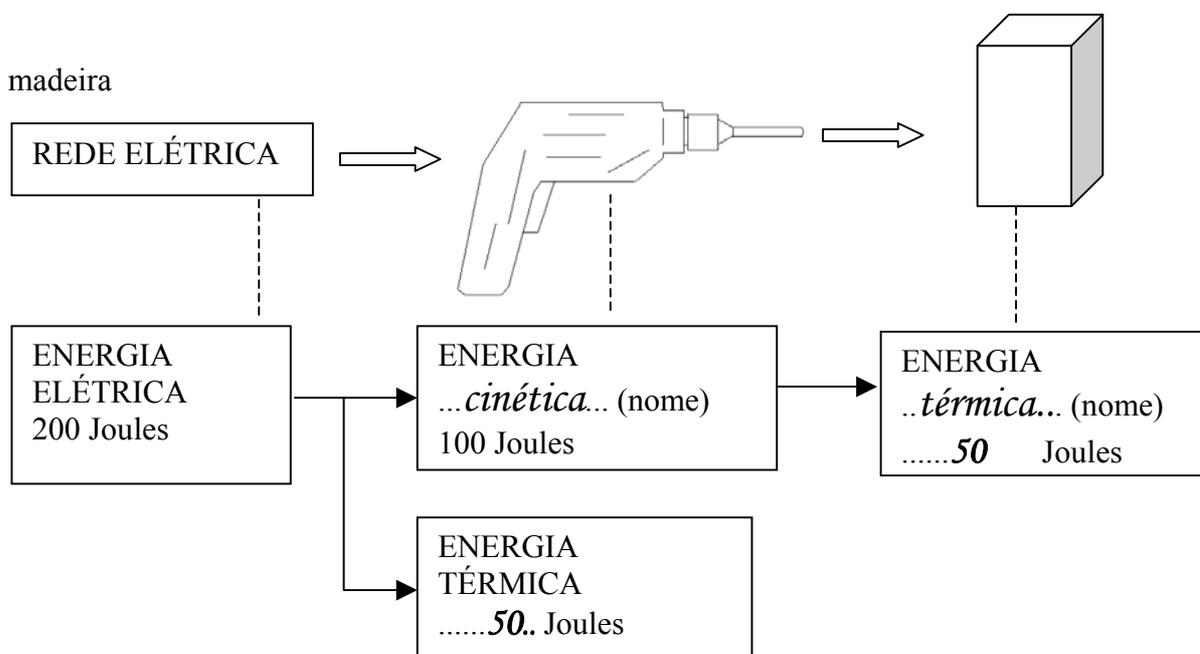
JB – Energia química (elemento corpo) transformada cinética (movimento da manivela) energia térmica (calor, atrito).

2ª QUESTÃO. Duas esferas em queda. Uma das esferas é de borracha bem flexível (bolinha “pula-pula”) e a segunda é feita de massa de modelar. A primeira bate no chão e volta a uma altura razoável. A segunda bate no chão e deforma-se completamente ficando grudada no chão. Observe o experimento apresentado pelo professor e explique as transformações de energia envolvidas.

JB – A primeira bola de borracha tinha certo valor de energia potencial gravitacional. À medida que ia caindo esta energia se transforma em energia cinética. Ao tocar no chão, a elasticidade associado ao peso da bola fez com que o processo se repetisse. Ao subir transforma elasticidade em cinética e cinética em gravitacional até parar.

Bola de massa (de modelar) de gravitacional para cinética até parar.

3ª QUESTÃO. Uma furadeira elétrica é acionada por uma pessoa para fazer um furo numa peça de madeira. Abaixo encontra-se um esquema mostrando as transformações de energia que ocorrem no processo bem como alguns valores para a energia em muitas formas. Complete os quadros nos locais pontilhados.



4ª QUESTÃO. Abaixo você encontra algumas figuras representando certas situações do cotidiano. Baseado nos seus conhecimentos assinale aquelas que você puder identificar alguma forma de manifestação de energia. Assinalando ou não, faça no quadro ao lado, uma breve justificativa.



homem comendo

Movimentos – cinética.
Alimento – energia química.

Energia do vento transformando em cinética.



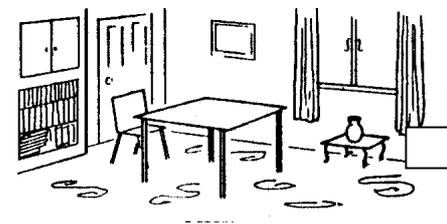
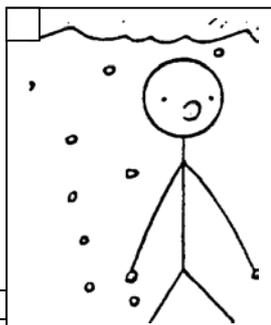
barco navegando



planta crescendo

Energia química.

Energia térmica (frio)



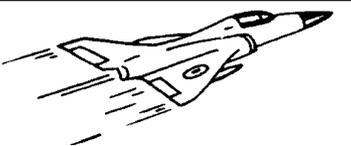
sala de estar

Não respondeu.

Energia térmica (calor).



gelo derretendo



avião decolando

Cinética e potencial gravitacional.

Comentários finais.

Através do teste, pode-se observar um indicativo de que o aluno mostrou um bom desenvolvimento da terminologia. Em particular, podemos admitir que o estudante Jorge Bruno avançou de um modelo que nós denominamos terminológico/causal (nível 1A/1B), abandona a causalidade de Trumper (CAU), mas não desenvolve um modelo causal mais elaborado. Parece que passa a compreender razoavelmente a transformação da energia como uma propriedade associada ao conceito, enquanto que a propriedade da conservação não parece estar clara (nível 2B).

De uma maneira cautelosa, segundo os critérios desse trabalho, podemos verificar que o modelo pessoal de energia desse aluno evoluiu do nível 1A/2A para o nível 1B/2B. Além disso, foi possível observar um *movimento de organização do conhecimento novo*, através da ação de apropriação do discurso e de citação de texto, e ainda, de maneira bastante vaga, um terceiro *movimento de aproximação do conhecimento novo*, através do discurso-ação de observação e comparação.

As últimas entrevistas em grupo (que ainda estão sendo analisadas), os debates gravados em vídeo e o teste final constituem a possibilidade de triangulação dos dados, a fim de corroborar essas interpretações preliminares levantadas e relatadas aqui.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BORGES, A. Tarciso. 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.

CLEMENT, John. Learning via model construction and criticism. In: GLOVER, J. A.; RONNING, R. R.; REYNOLDS, C. R. (eds). **Handbook of creativity**. New York: Plenum Press, 1989.

_____. Expert novice similarities and instruction using analogies. **International Journal of Science Education**, v.20, n.10, p.1271-1286, 1998.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J. Aprendendo Ciências Através de Modelos e Modelagem. In COLINVEAUX, Dominique (Org.) **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

HESTENES, David. Modelling Methodology for Physics Teachers. In Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education, College Park, August 1996. Disponível em <http://modeling.1a.asu.edu/modeling/ModMeth.html>

PEA, Roy D. Practices of distributed intelligence and designs for education. In SOLOMON, Gavriel (Ed). **Distributed Cognitions. Psychological and educational considerations**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

SOLOMON, Gavriel. No distribution without individuals cognition: a dynamic interactional view. In _____ (Ed). **Distributed Cognitions. Psychological and educational considerations**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

TRUMPER, Ricardo. 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.

ANEXO I – Quadro modelo.

ENERGIA – QUADRO MODELO		
<i>CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES, FORMAS DE MANIFESTAÇÃO.</i>	São diversas as formas de manifestação da energia.	Exemplos: Cinética, potencial gravitacional, elétrica, química, eólica, solar, luminosa, nuclear, etc.
	Em alguns processos pode ser convertida de uma forma em outra. (transformada).	Cinética em potencial gravitacional; potencial gravitacional em elétrica; química em elétrica; elétrica em luminosa; etc.
	1- A quantidade de energia no sistema se conserva. 2- Em processos que haja transformação ou transferência de energia, uma parcela da energia se degrada ⁵ .	
<i>FORMAS DE OBTENÇÃO</i>	Queda d'água, queima de combustíveis fósseis, célula solar, câmara solar, pilhas e baterias, usina nuclear, alimentos, etc.	
<i>UNIDADES DE MEDIDA (Como medimos a quantidade de energia)</i>	kWh (kiloWattthora), kcal (kilocaloria), J (Joule).	
<i>INTERAÇÕES COM A VIZINHANÇA (OU OUTRO SISTEMA).</i>		
PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA		SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

⁵ A degradação da energia corresponde àquela parcela da energia que se manifesta pelo aquecimento observado na vizinhança de um sistema. Esse aumento de temperatura indica aumento na energia interna de um sistema ou da vizinhança. Essa parcela de energia muitas vezes é dita como “perdida” porque não pode mais ser reutilizada para uma nova transformação. A segunda lei da termodinâmica indica que todas as vezes que há transformação de energia em um sistema ou transferência de energia entre sistema e vizinhança ocorrerá a degradação. Nesse sentido, ignorar a degradação da energia no estudo da conservação é, no mínimo, incoerente.