

Da superfície do erro às ideias dos alunos¹

Anne L. Scarinci

O aluno erra, mesmo após ouvir uma explicação. O que há por trás desse erro? Por que uma explicação sobre a ideia correta não é suficiente para “sanar o erro”, proporcionando um aprendizado real e não apenas memorístico? Neste texto, vamos analisar como um erro pode ser visto como a ponta de um *iceberg* – ou seja, pode revelar uma estrutura conceitual que o aluno possui e que está sendo usada ao interpretar a explicação do professor.

I

No relato a seguir, a professora Kátia inicia uma discussão com objetivo de operacionalizar as leis de Newton, já previamente estudadas para objetos em movimento na superfície da Terra. Como eles já haviam estudado as leis da mecânica, ela não esperava que fossem errar – mas quando erram, ela dá atenção ao erro e procura compreender a sua origem.

Nota: No plano de Kátia, ela não iniciou a mecânica pela cinemática. Ela trabalha primeiro a dinâmica, depois parte para o MCU de forma a seguir para gravitação e, por fim, astronomia. Neste relato, está aplicando o plano pela primeira vez. Nos dois anos seguintes em que tivemos contato com Kátia, ela manteve o plano com poucos ajustes, dentre eles, duas semanas ao final do primeiro semestre para o estudo da cinemática.

Nesta semana, deveríamos iniciar o conteúdo MCU, mas como eu ainda queria ficar mais um tempo nas leis de Newton, achei uma forma de unir esses dois conteúdos. Comecei a aula com a pergunta: *Por que a Terra não cai?* Coloquei a questão na lousa e pedi inicialmente que os alunos a respondessem por escrito e individualmente. Depois, solicitei que as respostas fossem compartilhadas nos grupos (de 3 a 4 alunos), de modo que cada grupo pudesse elaborar uma resposta mais explicada, mais completa. Pedi também para, no final dessa explicação, os alunos completassem a frase: “A Terra cairia se...” e que incluíssem um esquema da sua explicação e da Terra caindo (para que eu soubesse que significado os alunos estavam atribuindo à palavra “cair”). Algumas das respostas iniciais desses grupos foram:

- “A Terra não cai por causa da gravidade do Sol, que segura a Terra na órbita. Se o Sol não existisse, a Terra cairia.”
- “A Terra não cai porque tem uma força centrífuga que a mantém. Essa força equilibra a força do Sol, que puxa ela para o seu centro. A resultante das forças é nula, então a Terra fica em equilíbrio. Se a força centrífuga fosse menor que a gravitacional, ela cairia para o Sol. Se fosse o contrário, ela cairia no espaço.”
- “A Terra tem uma gravidade no seu interior, e é isso que não a deixa cair. A gravidade da Terra é feita pela massa dela, pelo seu peso. Se a Terra não tivesse peso, ela subiria como um balão. Mas ela não cai porque apesar de ser pesada, sua gravidade a mantém. (Profa., essa resposta parece estar errada, mas não sabemos como consertar.)”
- “A Terra não cai porque está em órbita. Se o choque com um meteoro a fizesse sair da órbita, ela poderia cair.”

Então pedi que os grupos colocassem suas respostas na lousa para que discutíssemos sobre elas. Como eu tinha dez grupos, quis agrupar as respostas com ideias semelhantes, então conversei um pouco sobre as respostas de cada grupo:

[Explicação escrita pelo grupo na lousa] “A Terra não cai porque está em órbita. A órbita é que a mantém em seu lugar, por isso não tem como ela cair.”

Eu - O que vocês querem dizer com órbita? Por que a órbita não deixa a Terra cair?

Tiago - Órbita quer dizer, a Terra tem uma rotação e uma translação pré-determinadas, assim como os demais planetas. Então ela fica na linha da órbita.

Eu - Entendi. Isso quer dizer que há um lugar natural para a Terra, que é a sua órbita. E também que há um movimento natural da Terra, que é sua translação/rotação. É isso?

A ideia do lugar natural é análoga à ideia aristotélica sobre o movimento: o fogo sobre porque o lugar natural do fogo é no céu; a madeira cai porque é feita do elemento Terra, cujo lugar natural é no centro do mundo. É uma ideia consistente e que foi hegemônica por muito tempo na cultura europeia.

¹ Texto adaptado do livro “Prática de Ensino de Física”, capítulo 2.

A ideia do equilíbrio entre forças é, dentre estas, a mais próxima da mecânica newtoniana e da gravitação, pois considera o Sol como “o lado de baixo” para onde a Terra cairia. O que falta a esta ideia é a noção de inércia, que permite ao aprendiz prescindir da força fictícia ao adotar um referencial inercial. Do ponto de vista de um referencial geocêntrico, no entanto, a explicação é perfeita.

Bianca – Isso mesmo, professora! Ela já tem um lugar natural, foi nisso que a gente pensou. A órbita é onde ela naturalmente fica, então não teria como ela cair.

Rodrigo – Ela gira em torno do espaço num caminho certinho. O lugar dela é no espaço, por isso ela não cai.

Após essa breve conversa com cada grupo, consegui agrupar as respostas em quatro tipos:

- a ideia do lugar natural (a órbita)
- a ideia do equilíbrio entre forças gravitacional e centrífuga
- a ideia de uma energia ou força do Sol que seguraria a Terra (interação entre Terra e Sol)
- a ideia de uma propriedade da Terra (uma energia ou gravidade que a Terra possui)

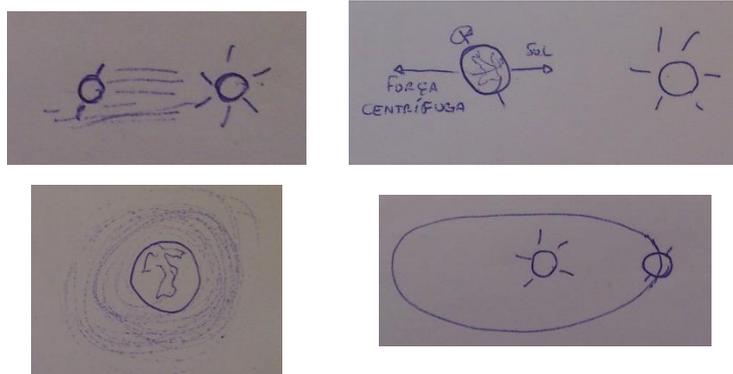


Figura: representações das 4 ideias que explicam por que a Terra não cai: i) A gravidade do Sol como uma energia que “segura” a Terra; ii) a ideia de equilíbrio de forças; iii) a ideia da gravidade como uma propriedade da Terra que a mantém; iv) a órbita como uma trilha que mantém a Terra.

É importante diferenciar claramente o significado de “força” no cotidiano e na ciência. Para a ciência, uma pessoa não “tem força”, pois a força é um “puxão” ou um “empurrão”, ou seja, uma interação entre corpos. Esse argumento ajuda a clarear o problema da força centrífuga – afinal, que objeto estaria empurrando a Terra? Mas alguns alunos podem ressignificar a força centrífuga como uma força de atração entre a Terra e os outros planetas. Nesse caso, uma estratégia que pode ser útil é fazer o cálculo da força de atração entre os demais planetas e a Terra (será insignificante em relação à força entre Terra e Sol).

Então expliquei aos alunos que estas eram quatro hipóteses interessantes, e que deveríamos encontrar critérios para escolher uma delas ou elaborar outra, diferente dessas todas. Eles queriam discutir imediatamente, e alguns até começaram a contra-argumentar as ideias dos colegas, ou a querer mudar suas respostas e adotar uma das outras, mas eu pedi que aguardassem, porque eu queria fornecer alguns elementos para ajudá-los na escolha.

Então lembrei como as coisas caíam na superfície da Terra: que havia uma força gravitacional, que era uma interação entre a Terra e o outro objeto, que o objeto era puxado para a Terra, assim como a Terra era puxada para o objeto. A força entre o objeto e a Terra é o que provoca o movimento, porque modifica a velocidade do objeto (aceleração). Coloquei assim a terceira e a segunda leis de Newton no canto da lousa. Depois perguntei como fazer para que um objeto na superfície da Terra não caia. Os alunos explicaram corretamente sobre a resultante nula das forças, e esquematizei a primeira lei.

Então pedi que os grupos discutissem cada uma das quatro ideias entre eles, pensando nas leis da mecânica. Eu achei que eles iriam conseguir mais facilmente chegar à resposta, pois já sabiam esse conteúdo. Mas o que eu percebi foi que a ideia de força como propriedade de um objeto retornou, mesmo a gente já tendo trabalhado exaustivamente nisso. Além disso, alguns grupos ficaram confusos porque pensavam que a Terra deveria cair /não cair “para baixo”, ou seja, para algum *chão absoluto* do universo.

Então, precisamos de mais de uma aula para concluir isso, porque tivemos que retomar várias ideias. Mas foi muito produtivo, porque vi que eles ficaram genuinamente envolvidos com o problema. E eu percebi que essa atividade foi mais interessante do que eu imaginei, porque eles tiveram dificuldades, então não foi uma

atividade trivial, não era um conteúdo trivial. Eu queria isso, uma atividade que fosse desafiadora. E com essa eu consegui.

Em outras palavras – Erro: é o que está visível a partir da ação ou resposta do aluno. Exemplo: quando ele avalia que, num circuito em série, a corrente será maior em um dos resistores.

Ideia interpretativa subjacente (ou concepção): é o pensamento do aluno que justifica aquela afirmação ou ação. Ex.: a corrente seria um fluido que sai da pilha e é usada pelo resistor, extinguindo-se.

Um exemplo interessante do aprendizado mecânico alcançado quando se procura substituir o erro pela informação correta é a concepção das duas Terras: uma delas seria plana, parada e onde vivemos. A outra é um planeta, redondo e que gira ao redor do Sol. Há vários desenhos na internet, postados por professores, em que os alunos desenhavam tal concepção.

O relato dessa professora é muito rico, mas por hora vamos nos ater a um ponto específico do relato: os alunos já haviam aprendido as leis da mecânica, e ainda assim não souberam explicar o movimento da Terra, sujeito unicamente à uma força (gravitacional). Tudo bem, você vai pensar, isso é muito comum, a mecânica newtoniana é difícil mesmo. Mas Kátia conseguiu fazer uma avaliação da dificuldade de seus alunos que passou da *superfície* do erro, e chegou a *ideias interpretativas* que eles tinham e que estavam muito internalizadas: a ideia do referencial absoluto e a ideia da força como propriedade de um objeto.

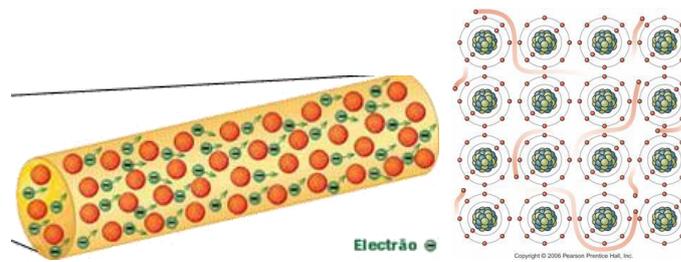
Se as ideias dos alunos, por um lado, podem ser vistas como obstáculos ao aprendizado, por outro lado, elas indicam que já houve um raciocínio, uma tentativa de dar sentido a um fenômeno – portanto, já há uma maturidade para o aprendizado. Entretanto, contrapor o erro com uma explicação correta pode ocasionar um aprendizado meramente memorístico, em que o aluno sabe repetir uma explicação, mas continua usando seus esquemas anteriores para interpretar o mundo.

Por isso, torna-se mais efetivo partir da ideia do aluno considerá-la efetivamente, trabalhar *com* ela e *a partir* dela. No caso das ciências naturais, uma importantíssima base de referência é o mundo empírico – afinal, nossas concepções são um esforço de explicá-lo – e outro ponto de referência é a ideia do outro: todos sabemos que a explicação para um fenômeno deve ser única. Ou duas partículas viajam pelo fio elétrico, ou uma só partícula o percorre. Ou a Terra está caindo por causa da gravidade do Sol, ou a Terra não está caindo porque a gravidade do Sol a está segurando. As duas explicações não podem coexistir, necessariamente uma estará errada. Por isso, o diálogo é, junto com observações empíricas, uma excelente estratégia para o aprendizado. Em termos técnicos, alguns autores usam para esses momentos a expressão *negociar significados*. Os alunos expõem suas ideias e aprendem a tratá-las como hipóteses. Através do diálogo – e sob condução do professor – as várias ideias vão convergindo na direção do conceito científico.

A ideia do professor obviamente tem mais peso que as dos colegas: uma explicação precoce do professor logo silencia demais discussões. Por isso, ela deve acontecer em um momento adequado – que é quando se percebe que os alunos compreenderão os elementos da explicação (caso contrário, corre-se o risco que eles a memorizem mecanicamente, o que torna mais difícil avaliar o quanto foi compreendido). Por exemplo, uma explicação sobre a corrente elétrica em um circuito contém muitos elementos:

- i) a ideia de que há um circuito fechado, por onde algo circula;
- ii) a compreensão de que o dispositivo (lâmpada, resistor) faz parte desse circuito fechado;
- iii) a entidade elétron livre (que se move por dentro de metais) e eventualmente a entidade íon (em líquidos);
- iv) a rede cristalina metálica, formada por átomos ionizados positivamente;
- v) o movimento aleatório dos elétrons livres em todas as partes condutoras, quando em circuito aberto;
- vi) o movimento acelerado (sujeito a uma força) quando o circuito se fecha.

Quando o aluno começa a compreender esses elementos, ele passa a pensar a eletrodinâmica usando uma paisagem mental como esta:



Ou seja, passa a interpretar os fenômenos elétricos com ajuda de um modelo científico (que, neste caso, é o modelo de Drude). Aí sim uma definição mais formal de corrente elétrica passa a fazer sentido.

“Corrente elétrica é o movimento preferencial de portadores de carga...

Porque há também um movimento aleatório, que é de natureza térmica.

Dentro dos metais são os elétrons, ou seja, partículas eletricamente negativas.

... que forma um fluxo, gerado por uma diferença de potencial elétrico.

Porque a “contagem” dos portadores de carga é pensada para uma seção transversal do condutor, ou seja, refere-se a “quantas cargas atravessam uma seção transversal por unidade de tempo”.

A diferença de potencial cria uma direção “para baixo”, ou seja, todos os portadores de carga sentem uma força (um puxão), que modifica seu movimento na direção da ddp.

O plano de aula do professor Mauro, no capítulo anterior, iniciou com uma atividade que construiria com o aluno a ideia do circuito fechado: ele deu fios, lâmpadas e pilhas, sem soquetes ou suportes. Dessa forma, o aluno iria ter alguma dificuldade de encontrar os contatos, e iria perceber que não poderia conectar ambos os fios em um mesmo contato da lâmpada, senão a pilha iria esquentar, mas a lâmpada não iria acender. Mauro pediu inclusive um esquema de comparação entre a montagem prevista e a realizada, para checar que os alunos de fato haviam compreendido esse ponto.

Passar do circuito fechado para a definição de corrente pode ser, de fato, um “salto”. A ideia do elétron e de seu movimento por dentro de uma estrutura metálica – e também a ideia de “retorno” do elétron à pilha, são construções conceituais difíceis, mas que fundamentam todo o tema da eletrodinâmica.

No entanto, quando passou dessa atividade para a definição formal da corrente elétrica, percebeu pelos exercícios que os alunos não o acompanharam. Talvez alguns outros elementos conceituais precisassem ser adequadamente trabalhados antes se chegar à definição formal e à representação matemática da corrente. E Mauro percebeu isso quando foi investigar as ideias dos alunos: ele viu que, mesmo após a explicação sobre a corrente elétrica, sobreviviam explicações alternativas que desconsideravam o elétron livre e até mesmo a ideia de circulação de entidades.

Ou seja, conhecer quais são as ideias alternativas mais frequentes costuma ser muito conveniente e útil ao professor, pois ele passa a prever mais claramente onde as dificuldades vão surgir e quando as explicações precisam ser iniciadas por uma discussão de tais ideias. Já houve muitas pesquisas para detectar concepções dos aprendizes, de modo que temos muitas fontes confiáveis de informações (você pode inclusive pesquisar online, por palavras-chave, e encontrará diversos trabalhos a respeito). Abaixo fazemos uma pequena lista com algumas ideias:

Em Dinâmica -

Afirmação	Ideia que pode estar subjacente
“Quando a bola está indo para cima, é porque ainda tem a força do jogador. Depois acaba essa força, então a gravidade puxa-a para baixo.”	Impetus; força proporcional e na direção da velocidade ou trajetória do objeto. OU Força como uma propriedade adquirida pelo objeto.

Termologia

Afirmação	Ideia possível
“Na convecção, os átomos quentes são menos densos e por isso sobem.”	Átomo quente: átomos com propriedades macroscópicas, como de temperatura ou dilatação térmica.
“quando encostou, o calor passou para o outro corpo e o aqueceu.” Ou “no freezer, a energia fria entra no corpo e o resfria.”	Fluido calórico: explicação para o estado térmico dos corpos através de um fluido que passaria de um corpo para o outro.

Física atômica

Afirmação	Ideia possível
“A matéria é formada por átomos, elétrons e células.”	Célula como menor componente da matéria

Ondulatória

Afirmação	Ideia possível
“As cobras e as lagartas andam através de ondas.”	Uma onda é qualquer coisa que tenha formato ondulado (senoidal)

Eletrostática

Afirmação	Ideia possível
“Os prótons espalham campo e os elétrons o absorvem.” Ou “A folha de papel [entre uma corpo eletrizado e outro neutro] faz refletir ou absorve um pouco do campo, de modo que a atração será menor.”	Campo elétrico é <i>emitido</i> por cargas elétricas, em analogia à luz emitida por lâmpadas

Acústica

Afirmação	Ideia possível
Se eu aumento o volume do rádio, ele produz mais som, até que a <i>quantidade</i> de som fica tão grande que pode furar o tímpano.”	Partículas de ar (ou de som) viajam pelo espaço

Óptica

Afirmação	Ideia possível
“Quando está completamente escuro, o gato enxerga bem, mas nós só conseguimos perceber vagamente os objetos.”	Olho ativo: vemos um objeto apesar de sua luz não chegar até nós

II

As concepções alternativas podem se originar antes de o aluno ter contato formal com determinado conhecimento – por exemplo, a bem conhecida concepção de que objetos mais pesados caem mais rápido do que objetos leves é bastante intuitiva, portanto podemos supor que se forma antes mesmo de o sujeito frequentar os bancos escolares. Mas concepções alternativas também podem se originar através da explicação de um professor. Por exemplo, a associação que muitos alunos fazem entre 'onda' e 'coisas com formato senoidal' é muito provavelmente de origem escolar, visto que uma representação bastante enfatizada para uma onda é o seu gráfico de deslocamento x tempo ou de intensidade x distância.

Nota: o termo acomodação provém da teoria piagetiana: significa modificar determinada estrutura cognitiva de modo a produzir um sentido para uma nova informação proveniente do meio. O processo complementar ao da acomodação, descrito por Piaget, é a assimilação: que é encaixar uma informação nova a uma estrutura mental (esquema) pré-existente.

Isso acontece porque a ecologia conceitual do aluno necessariamente o leva a interpretar (e possivelmente deformar) uma informação direta ao decodificá-la. Bastos *et al*² chamaram esse fenômeno de *distorção*. Ou seja, a resposta dada pelo professor a uma pergunta, ou uma explicação clara e objetiva sobre determinado conteúdo, não garante que haja apropriação adequada do conhecimento pelo aluno. Dado o processo de decodificação, interpretação e acomodação da informação pelo aprendiz, a *distorção* é inevitável.

Em vista disso, fala-se das “sucessivas reconstruções” do conhecimento que o aprendiz deve operar ao longo do processo de aprendizagem. Por isso, devemos nos atentar, não apenas às ideias que os alunos possuem antes, mas também ao longo do processo de ensino.

Na década de 80\90, foram testados muitos métodos na tentativa de provocar modificações efetivas nas pré-concepções dos alunos – e se descobriu que essa tarefa é difícil! Na maior parte das vezes, uma concepção não é modificada – em vez disso, o aluno adquire outra concepção, que usa no ambiente escolar, e permanece com aquele conhecimento intuitivo para usar no seu cotidiano. Então, *o que fazer* a partir do conhecimento sobre as pré-concepções dos alunos, não é tão simples nem consensual.

Entretanto, um ponto é razoavelmente aceito por todos: o **diálogo**. É necessário ouvir o aluno de forma a *avaliar continuamente* sua construção conceitual e, dessa forma, *saber conduzir* os seus próximos passos para o aprendizado.

² BASTOS, F., NARDI, R., DINIZ, R. E. S. e CALDEIRA, A. M. A. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em Ciências. In: Pesquisas em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores. São Paulo: Escrituras, 2004.

Como isso ocorreu na aula de Marta (relatada no capítulo anterior):

1- Ao iniciar o conteúdo de circuitos compostos, Marta deixou que os alunos propusessem formas de montagem de circuitos com duas lâmpadas. Ela achou que eles iriam propor montar apenas o circuito em série, mas abraçou o imprevisto que foi a sugestão do circuito em paralelo.

Incluir os alunos como protagonistas no estudo de um novo fenômeno, além de ter um viés motivacional significativo (pois invoca uma sensação de autonomia, que é um dos pilares da motivação), incentiva o início de um pensar sobre os fenômenos que serão estudados, e uma elaboração de hipóteses, que são tentativas iniciais de interpretação e de busca pelo conhecimento.

2- Marta fez uma pergunta investigativa: “Em que situação as lâmpadas brilham mais?”

A pergunta investigativa permite ao professor saber como os alunos estão pensando o fenômeno em pauta. Percebemos que Marta pensou que os alunos iam comparar o brilho das lâmpadas entre os circuitos em série e paralelo, mas não supôs que os alunos achariam que em um mesmo circuito, as lâmpadas teriam brilhos diferentes. Ou seja, a pergunta permitiu a Marta iniciar um diagnóstico. Marta pediu que justificassem suas previsões, então pôde ter indícios mais consistentes do modelo usado pelos alunos. Ela não levou a fase diagnóstica até o final (talvez porque já tenha feito isso num momento anterior), mas quando o resultado experimental deu diferente do que era previsto pelos alunos, Marta se absteve de fornecer prontamente a explicação científica.

3- Marta ajudou os alunos a interpretar os resultados, através de esquemas concretos (modelos) que colocou na lousa.

Não fornecendo logo a explicação científica, Marta promoveu uma discussão das ideias dos alunos, e conduziu essa discussão até chegar no modelo que usava a corrente elétrica como interpretação para o brilho das lâmpadas. Os alunos puderam expressar seu pensamento – e, com isso, analisar suas hipóteses explicativas, e reconstruir o conceito que era o objetivo da aula.

Como Kátia conduziu a aula para chegar ao objetivo pretendido por ela:

1- Kátia não propôs uma atividade experimental, mas encontrou uma questão conceitual que tinha muito significado para os alunos (Por que a Terra não cai?). A partir dessa questão, ela promoveu discussões preliminares em pequenos grupos.

Ao promover discussões em pequenos grupos, ela permitiu a diversidade de hipóteses explicativas. Foi uma estratégia boa porque permitiu que as várias ideias pudessem ser representadas de alguma forma.

2- Kátia sistematizou as hipóteses explicativas para todos, e em seguida conversou com proponentes para melhor diagnosticar as concepções subjacentes. Com isso, diferentemente de Marta, Kátia fez um diagnóstico explícito das ideias iniciais dos alunos.

Assim como Marta, Kátia também deu atenção a desenhos esquemáticos que representassem as ideias que estavam sendo discutidas. Um desenho esquemático – que adiante caracterizaremos como modelo físico – muitas vezes consegue traduzir pensamentos que não conseguem se expressar claramente em palavras. Ao explicitar as ideias para todos os alunos, Kátia promove, quase que imediatamente, a necessidade de um debate – ou seja, os alunos se colocam engajados em resolver

um problema conceitual coletivamente.

3- Lembrou os alunos sobre o conceito de força e outros conceitos já trabalhados. Depois, abriu o debate e acompanhou a discussão, de modo que encontrou outra ideia que se configurava como um obstáculo (o referencial absoluto), e que ela percebeu que teria que ser trabalhada antes de que a discussão pudesse chegar a um desfecho.

Em resumo, enquanto Marta havia usado como contexto para o diálogo o resultado de um experimento que não ocorrera conforme previsões dos alunos, Katia aproveitou a diversidade de hipóteses explicativas a uma questão conceitual difícil e envolvente. Ambas não deixaram a discussão solta, mas acompanharam e conduziram ideias, ajudaram os alunos a expressar suas ideias fazendo desenhos e esquemas. Provavelmente, apesar de não constar dos relatos das professoras, elas tenham conferido algumas ênfases específicas a ideias que surgiam na discussão, de modo a conduzir o pensamento de todos na direção do objetivo conceitual.

Em um terceiro exemplo, o diálogo foi promovido através da tentativa de representar fenômenos com uso de uma maquete. A aula aconteceu no 6º. ano fundamental, e a professora pede para os alunos, em pequenos grupos, representarem os movimentos da Terra e da Lua, em maquetes que eles mesmos haviam feito com massa de modelar. O diálogo acontece a partir da representação dos movimentos:

Profª. Vanessa - A Lua se move?

Paulo - Sim, ela se move em volta da Terra.

Profª. Vanessa - Como ela se move? Você pode me mostrar?

Paulo - Ela se move assim [faz um movimento circular com a Lua ao redor da Terra]. Ah, também assim [faz o mesmo movimento da Lua, mas ao redor do Sol].

Profª. Vanessa - Este é o Sol?

A - É.

Prof. Vanessa - Então [a Lua] se move ao redor da Terra e do Sol?

Paulo - Sim.

Profª. Vanessa - Você pode mostrar os dois [movimentos] ao mesmo tempo?

Paulo - Assim. [Faz o movimento da Lua e da Terra ao redor do Sol, com aquela sempre atrás da Terra] Não, mas assim... então ela não se move ao redor da Terra, só do Sol. Não, eu não sei se ela se move ao redor da Terra.

Bianca - Se move sim. A Terra anda mais para lá e a Lua dá a volta. [Conserva a Terra e o Sol imóveis e faz o movimento da Lua ao redor da Terra. Termina o movimento com a Lua em oposição ao Sol. Depois, move a Terra e a Lua de cerca de quarenta e cinco graus ao redor do Sol, e movimenta a Lua ao redor da Terra novamente.]

Paulo - É, mas aí a Lua iria aparecer de dia.

Bianca - Ah, é.

Fátima - Posso falar, professora? - Eu acho que a Lua dá a volta na Terra de noite. De dia é o Sol. Assim. [Faz o movimento da Lua ao redor da Terra.]

Profª. Vanessa - De dia o Sol o quê?

Fátima - De dia ele dá a volta.

Bianca e Gustavo - Mas ele não se move! (...)

Os pequenos grupos estavam discutindo os movimentos dos astros do

A verdadeira arte do ensino não é saber dissertar oralmente sobre os conceitos científicos, mas sim saber conduzir o aprendiz, do ponto de partida onde ele está (no caso, suas concepções iniciais) até o ponto de chegada, que são os objetivos educacionais.

Sistema Solar e a professora passava em cada grupo e dialogava, inicialmente com um dos alunos, deixando que outros intervissem. As eventuais dificuldades de expressão oral ou de entendimento mútuo eram minimizadas pela possibilidade de representação, o que deu ao diálogo maior fluidez.

Em todos os três exemplos, o diálogo foi proporcionado através de alguma questão conceitual ou dificuldade. Ou seja: o diálogo que constrói conceitos se dá em torno de um **problema conceitual** no qual todos se envolvem. Esse problema pode se originar de várias formas – ou ele vem dos próprios alunos, mas geralmente ele é proposto pelo professor. Os recursos que auxiliam na proposição de um problema (e no envolvimento dos alunos com aquele problema) podem ser, dentre outros:

- uma atividade experimental cujos resultados são imprevistos ou surpreendentes (em geral a aula deve conter um momento de previsão dos resultados e justificativa das previsões, antes que o experimento seja feito). No caso de Marta, o resultado experimental diferente do que os alunos previam foi o que proporcionou uma discussão acerca das ideias iniciais – pois aqueles resultados deviam ser interpretados e as ideias dos alunos não se mostraram adequadas para prevêê-los;
- uma pergunta direta, que o professor supõe que será intrigante e desafiadora para todos. Perguntas intrigantes podem ser inspiradas no conhecimento que o professor tem sobre as ideias iniciais dos alunos – a questão proposta por Kátia certamente era inspirada na concepção comum que os alunos têm sobre forças e sobre o significado cotidiano de “cair”, que não pode ser aplicado da mesma forma para objetos no espaço;
- uma dificuldade em representar fenômenos e suas causas. Os alunos de Manoela sabiam dizer que “a Terra dá a volta no Sol” e que “a Lua dá a volta na Terra”, mas a professora sabia que esses conceitos não estavam bem compreendidos. A representação dos movimentos suscitaria questões relevantes;
- um procedimento experimental difícil (por exemplo, “como descobrir onde é o polo Sul deste ímã?”)
- A leitura de algum texto que traga uma informação que o professor possa problematizar (por exemplo, um artigo de jornal que diz “Diâmetro da Terra é 5mm menor do que se acreditava”, e o professor problematiza – como medir a Terra com tamanha precisão? Que instrumentos podemos usar? Que diâmetro deve ser medido, até o mar, até a montanha, até o fim da atmosfera?..)

Enfim, há várias possibilidades, mas o que todas têm em comum é que os alunos são genuinamente envolvidos com um problema, sobre o qual eles conseguem levantar ideias iniciais e transformá-las em hipóteses. O problema tem uma conexão empírica clara, de modo que os alunos possam usar o critério empírico para checar suas ideias. O critério teórico também é usado (por exemplo, quando no exemplo da Manoela, os alunos sabem que o Sol não dá a volta na Terra, então descartam essa hipótese).

Aberto o diálogo, o professor conduz a análise de modo a introduzir elementos conceituais que vão aproximando os alunos da resolução do problema – e do aprendizado do conceito. Eventualmente serão necessárias novas atividades (por exemplo, o problema dos alunos da profa. Manoela era relacionado ao

comportamento da Lua durante o dia, então a observação sobre em que período do dia a Lua seria visível, era necessária como passo intermediário na resolução do problema).

Em síntese, não basta o professor ouvir o que o aluno concebe sobre um fenômeno somente em uma fase inicial e diagnóstica do ensino de um conteúdo. O diálogo deve ser constante e o professor precisa estar atento aos *feedbacks* intermediários das novas hipóteses levantadas pelos alunos e suas compreensões da ciência em estudo e, na medida do possível (quando se consegue criar um ambiente de confiança mútua), também suas dúvidas e confusões.

Uma sala de aula em trabalho construtivista, por conseguinte, terá uma organização disciplinar diferente de uma aula transmissiva “tradicional”. O desejável não é mais o silêncio absoluto dos alunos (embora seja igualmente ineficaz o movimento ilimitado). O professor quer acompanhar a construção de significado pelos alunos e monitorar esse processo, e isso naturalmente implica maior concessão de liberdade. As próprias atividades geralmente escolhidas por metodologias de orientação construtivista contêm densidade maior de momentos não centrados no professor (como experimentos, debates e trabalhos em grupos) e quantidade também grande de instantes que, embora orquestrados pelo professor, requerem grande interação dos alunos (como explicações em que o professor pede ajuda aos alunos para interpretações, exemplificações etc.).