

COMO OS ALUNOS EXPLICAM OS FENÔMENOS FÍSICOS

LOCATELLI, ROGÉRIO e CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Palavras chave: Enculturação científica; Explicações no ensino; Análise da sala de aula; Raciocínio lógico-matemático; Raciocínio proporcional.

OBJETIVO

Nosso objetivo é apresentar nossa análise sobre como os alunos explicam os fenômenos físicos que estão intrínsecos nos problemas experimentais. Nossos dados foram retirados de um curso de Ciências para a escola primária onde foram aplicadas as atividades de Conhecimento Físico (Carvalho et al. 1998) organizadas pelo LaPEF – Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – e procuramos mostrar a estrutura de pensamento existente nas explicações das crianças.

INTRODUÇÃO

Estamos, já há algum tempo, procurando entender como as crianças constroem suas explicações causais (Carvalho 2004) quando participam de um ensino planejado para dar a oportunidades para que elas possam resolver um problema físico experimental levantando e testando, em grupo com seus colegas, suas próprias hipóteses, e depois sendo induzidas, através de uma série de perguntas feitas pela professora, a tomar consciência de como fizeram para resolvê-lo e o porquê deram certo suas ações.

Na análise destes dados vimos que nas explicações dos alunos existia um início do pensamento hipotético – dedutivo e também quando se expressavam procuravam relacionar algumas variáveis utilizando, mesmo que precariamente, um raciocínio proporcional. Estas observações nos levaram a aprofundar nossas investigações procurando novos marcos teóricos com que pudéssemos melhor compreender a linguagem dos alunos em suas explicações.

MARCO TEÓRICO

Passamos a buscar nos trabalhos de Lawson os referenciais de análises para nossos dados. Segundo Lawson (2000a e 2000b) muitas das descobertas científicas são de natureza hipotético-dedutivas, pois as idéias envolvidas nos processos mentais de tais descobertas seguem um padrão de representação na aquisição do conhecimento, seguindo uma evolução que tem como padrão a sequência *se/e/então/mas/portanto*. O termo “se” está diretamente ligado às hipóteses, a uma proposição; o termo “e” diz respeito ao acréscimo de condições de base, um teste; o termo “então” é relativo aos resultados esperados, às consequências esperadas; o termo “mas” resultados e consequências reais, verdadeiras; o termo “portanto” representa a conclusão a que se chega por este tipo de pensamento sobre o assunto abordado.

O autor ainda coloca que, para testar experimentalmente este tipo de hipóteses causais, manipula-se a causa hipotética e espera-se para ver se o resultado é influenciado. No caso positivo, então a hipótese é suportada, caso contrário, a hipótese é contradita: alguma outra coisa provavelmente está causando o efeito.

O fazer ciência, nestes casos, está ligado à generalização e ao teste de hipóteses de explicações alternativas, as quais ambas são testadas pelo uso do padrão de raciocínio *se-e-então-portanto*, sendo que generalizações (às vezes chamadas leis) descrevem a natureza em termos de padrões identificáveis e explicações (hipóteses e teorias) procuram causas para tais padrões.

Temos consciência que não iremos encontrar em nossas classes todo o ciclo de raciocínio hipotético-dedutivo descrito por Lawson. Estamos trabalhando com crianças no curso primário e esse referencial teórico nos ajuda a entender como nossos alunos *se iniciam* no pensamento hipotético-dedutivo e proporcional. Este referencial teórico nos ajuda a analisar as estruturas de raciocínio que denominamos de ‘início da estrutura hipotético – dedutivo’ e ‘início da estrutura proporcional’.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Nossa pesquisa obedeceu a um delineamento do tipo qualitativo, uma vez que procuramos interpretar as falas dos professores e alunos durante as aulas.

Temos pelo menos duas gravações de cada uma das atividades feitas nas escolas estaduais da grande São Paulo. Depois de feitas as gravações o trabalho foi transformá-las em dados para a nossa pesquisa. Para a análise da linguagem oral a transcrição foi um instrumento essencial, pois detalhes de linguagem que podem passar despercebidos numa análise direta do áudio ou do vídeo ficam mais claros nas transcrições. Nestas transcrições tomamos também bastante cuidados com os gestos, pois como mostra Roth (2002) este tem um importante papel mediador entre a linguagem e o mundo. Os gestos foram importantes principalmente quando os alunos explicavam o que denominamos de ‘início da estrutura proporcional’, pois não tendo a linguagem apropriada eles mostravam com gestos que quando uma variável aumentava a outra também aumentava ou diminuía.

Selecionamos das fitas os episódios de ensino que nos mostraram os alunos explicando o ‘como’ resolveram o problema e o ‘porquê’ deu certo utilizando o ‘início da estrutura hipotético-dedutiva’ e ‘início da estrutura proporcional’.

RESULTADOS OBTIDOS

Para esta apresentação escolhemos uma dessas aulas onde trabalhamos com o problema do pêndulo em uma terceira série onde a média de idade era 9 anos. Para o desenvolvimento desta aula foram distribuídos, para cada grupo: um trilho que tem uma de suas partes inclinada, duas bolinhas de mesmo tamanho e massas diferentes e um pêndulo. O pêndulo deve estar montado de tal forma que a bolinha, ao fim de seu movimento pelo trilho, se choque com ele.

O problema colocado aos alunos é encontrar uma maneira de fazer com que cada bolinha levante o pêndulo o mesmo tanto.

Após os alunos resolverem em grupo o problema a professora recolhe o material, desfaz os grupos, arruma a classe em um semicírculo e inicia a fazer as perguntas “como e por que?” levando os alunos a tomarem consciência do que fizeram. A fase da experimentação demorou 19 minutos.

Prof: “O que foi que vocês fizeram para aquelas duas bolinhas fazerem aquela bolinha branca ou amarela chegarem na mesma altura? Alguém poderia falar para nós?”

Aluno: “A gente foi colocando a preta... as duas lá de cima (gesticula)... aí a de ferro era mais pesada, Né, então cada vez a gente colocava a bolinha de ferro mais perto da bacia, pra ver se ela... se diminuía a distância da bolinha branca. Aí, depois, a gente continuava colocando a preta lá de cima e a de ferro bem pertinho da bola. Daí quando soltava as duas, as duas foram do mesmo jeito que a gente media com a mão.”

Prof.: “Que negócio é esse de medir com a mão?”

Aluno 1: “A gente media com a mão para ver em que distância a bolinha ia. Porque se a bolinha ia mais longe que a bolinha de ferro não dava certo.”

Aluno 2: “Assim: você quando soltava a bolinha... batia na bolinha e ela ia até por... por exemplo até aqui (mostra com a mão) aí você media. Depois eu soltava a outra para ver até onde ela ia.”

Prof.: “E se ela não ia até o mesmo lugar?”

Aluno 2: “Aí tentava de novo.”

Vemos que esses alunos conseguiram descrever o que fizeram, tendo um pouco de dificuldade com as palavras, precisam usar de gestos para completar os seus pensamentos. Ao descreverem suas ações eles se iniciam no pensamento hipotético-dedutivo, pois poderíamos parafrasear o que disseram com a estrutura *se...então*:¹ <se> ‘a gente continuava colocando a preta lá de cima e a de ferro bem pertinho da bola. Daí <então> quando soltava as duas, as duas foram do mesmo jeito que a gente media com a mão.’

A professora continua deixando os alunos falarem

Aluno 3- “A bolinha preta a gente tacava, daí batia na bolinha branca e a gente media com o dedo até onde a bolinha branca ia. Daí a gente largava a preta.... a enferrujada (hesita) mais de baixo... daí batia na branca e a gente também media. Se fosse mais longe não dava certo se fosse mais baixo também não dava. Só podia ser na mesma altura.”

Aluno 4- “A gente pegamos, né, soltamos, né, a bolinha, quando ela ia forte, batia na bolinha amarela e se ela fosse até aqui (mostra), a gente colocava a mão, e a gente ficava com a mão.. aí outra pessoa soltava a bolinha preta, né, aí se ela fosse o mesmo tanto é que dava certo.”

Estes dois alunos já descrevem melhores suas ações. Descrevem uma relação direta entre as duas variáveis visíveis – altura em que deviam deixar cair a bolinha e a distancia que ia o pendulo, ou seja, entre suas próprias ações e o resultado final da experiência. Vão então se introduzindo no que poderíamos chamar de início do raciocínio proporcional.

A professora estimula os alunos com perguntas que na verdade sintetizam o que os alunos já falaram.

Prof.: “Vocês estavam lá tentando, né, aí jogaram a bolinha preta e colocaram a mão lá. Ela foi um certo tanto. Depois vocês jogavam a bolinha enferrujada. Se ela fosse... andasse mais que a preta o que vocês tinham que fazer?”

Aluno: “Colocar mais próximo da bolinha amarela para ela ir com menos velocidade.”

Prof.: “Alguém quer falar alguma coisa que fez diferente?”

Uma menina explica que no trilho que o grupo dela usou, - tinha letras A, B, C escritas nele e que tinha uns buracos por onde elas colocaram a bolinha e marcaram de onde as estavam colocando cada vez.

A professora passa agora a fazer perguntas que tenham “por que?”.

Prof.: “Por que eu tenho que jogar a bolinha preta lá em cima e a bolinha enferrujada mais em baixo pras duas fazerem aquela que estava dependurada, andar o mesmo tanto?”

1. Usaremos < > quando iremos inserir palavras, por ex <se>, <então> nas falas dos alunos e *se* ou *então* quando queremos utilizar de sua linguagem para mostrar a nossa análise.

Aluno1: “Porque a gente colocava a bolinha preta lá em cima para ela pegar mais velocidade e empurrar a bolinha branca mais longe, né? E a enferrujada por que ela é pesada ela bate... se a gente colocasse ela lá em cima ela jogava lá embaixo (mostra uma oscilação ampla) mas como a gente coloca ela perto da ponta ela batia e ia no mesmo ponto da bolinha preta.”

Aluno 2: “Se a gente colocasse a de ferrugem indo mais em cima ela pegaria mais velocidade, desceria e ia empurrando a bolinha branca mais pra longe. Daí a gente coloca ela mais embaixo pra ela poder ir mais devagar e empurrar, porque do jeito que ela é mais pesada ela pode pegar uma velocidade... pode estar em qualquer lugar mas ela pega uma velocidade forte, e se você coloca ela lá em cima ela tem uma velocidade mais forte ainda e aquela bolinha preta que era fraca, mais leve ela, ela tinha que ir lá em cima para pegar impulso e chegar lá embaixo e ser do mesmo jeito que a de ferrugem.”

A primeira criança a falar já apresenta uma novidade \propto o aparecimento da palavra "velocidade" median-do a ação do aluno e o resultado final. *Ele já começa a atribuir* grandezas físicas \propto velocidade e peso \propto à bolinha, sendo estas grandezas as responsáveis pela solução do problema.

Em relação a estrutura lógica da fala deste aluno vemos também que aparece um ciclo completo de racio-cínio se/então/portanto/e/ se então/mas então/portanto.

Vamos parafraseá-lo:

“Porque <Se> a gente colocava a bolinha preta lá em cima <então> para ela pegar mais velocidade e <portanto> ia empurrar a bolinha branca mais longe, né? E a enferrujada por que ela é pesada ela bate... se a gente colocasse ela lá em cima <então> ela jogava lá embaixo (mostra uma oscilação ampla) mas como a gente coloca ela perto da ponta <então> ela batia e <portanto> ia no mesmo ponto da bolinha preta.”

A fala da segunda criança também apresenta vários ciclos completos. Vamos exemplificar com a primeira frase dita

“Se a gente colocasse a de ferrugem indo mais em cima <então> ela pegaria mais velocidade, <portanto> desceria e ia empurrando a bolinha branca mais pra longe”.

A mesma estrutura que mostra os alunos se iniciando o raciocínio hipotético-dedutivo pode ser vista nas demais frases. Além disso a palavra velocidade introduzida pelo colega anterior ganha maior precisão - velocidade forte e fraca - e ele começa a relacionar as duas grandezas que já haviam aparecido: a velocidade e a massa(peso) - pesado e leve - a fim de explicar o fenômeno. Ele introduz em sua explicação uma nova palavra: impulso. A sua ação não é mais a causa direta da solução, pois ele já percebe variáveis do objeto que podem ser as causas do fenômeno. Continuando a discussão temos a explicação de um outro aluno:

Aluno 3: “A preta eu coloquei lá em cima por causa que a preta ela era mais leve e tinha que pegar mais embalo... por causa que a de ferrugem era pesada e batia na bolinha branca com mais força e empurrava a bolinha branca mais longe. Então a gente pôs a preta lá em cima para ver o que dava, né, daí ia mais ou menos... primeiro dessa altura (mostra com a mão). Daí a de ferrugem a gente colocava embaixo por causa que ela pegava menos embalo. Só que ela batia mais forte, né, então dava na mesma.”

Numa evolução nítida, esse aluno explica sua ação pelas variáveis importantes do objeto para o fenômeno: "a preta eu coloquei lá em cima por causa que a preta ela era mais leve e tinha que pegar mais embalo.." relacionando muito bem peso (massa) \propto leve \propto com velocidade \propto mais embalo \propto em um raciocínio inversamente proporcional. E são essas grandezas, *atribuídas ao objeto*, as responsáveis pelo resultado "e então dava na mesma", e não mais a sua própria ação. Podemos neste caso dizer que o aluno estava no início do raciocínio proporcional.

A aula ainda continua por mais cinco minutos e várias outras crianças explicam as causas do problema proposto. Vamos tomar mais uns poucos exemplos:

Aluno 4: “Por causa que a bolinha de ferro era mais pesada, pega mais força quando bate na bolinha de isopor e a bolinha preta ela é mais leve, né, não pega muito embalo para bater na bolinha de isopor.”

Aluno 5: “A gente tem que colocar a bolinha mais enferrujada mais embaixo porque ela é mais pesada e a mais leve tem de sair mais de cima para bater o mesmo tanto.”

Aluno 6: “Para a bolinha preta ir mais longe cê tem que ver desde o começo, porque quando bate naquela bolinha branca ela vai mais longe.. quando a gente testamos no trilho colocando ela no meio... colocando ela no alto ela ia mais longe... a ferrugem mesmo de perto ela ia meio longe... porque a ferrugem é mais pesada e vai mais longe e a preta é leve então tem que pegar mais embalo...”

Novamente aqui encontramos os alunos primeiramente descrevendo toda a experiência a partir das variáveis que eles *atribuíram* ao fenômeno para terminar dando a explicação. E nessas explicações encontramos o início do raciocínio proporcional (inverso) mais leve X mais longe = mais pesado X mais perto e também o início do raciocínio hipotético dedutivo

Por ex. o aluno 4 ‘...<se>.a bolinha de ferro era mais pesada, <então> pega mais força quando bate na bolinha de isopor e <se> a bolinha preta ela é mais leve, né, <então> não pega muito embalo para bater na bolinha de isopor <portanto responde a questão da professora>’.

CONCLUSÕES

Vemos que quando a professora cria um ambiente interativo proporcionando aos alunos tempo para refletirem e um questionamento que os levem a tomar consciência do que fizeram e porque fizeram a linguagem dos alunos expressam o início do raciocínio hipotético dedutivo e o início do raciocínio proporcional que são indício de uma enculturação científica.

BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, A.M.P. (2004). Building up explanation in physics teaching. *International Journal of Science Education*, v.26 (2), pp. 225-237
- CARVALHO, A.M.P; VANNUCCHI, A.I.; BARROS M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; REY, R.C. 1998. *Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico*, São Paulo: Editora Scipione,.
- LAWSON, A.E. (2000 a). How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of knowledge? *Science & Education*, 9 (6), pp. 577-598.
- LAWSON, A.E. (2000b). The generality of hypothetical-deductive reasoning: Making scientific reasoning explicit. *The American Biology Teacher*, 62 (7), pp.482-495.
- ROTH, W-M. (2002). Science, culture and the emergence of language. *Science Education*, v.86 (3), pp.368-385.