

CONEXÕES ENTRE GRAVIDADE, TERRA E INTERAÇÃO À DISTÂNCIA NA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE MUNDO

Henri Araujo Leboeuf

(Faculdade de Educação, UFMG - henri@mx.educativa.org.br)

A. Tarciso Borges

(Colégio Técnico e Faculdade de Educação, UFMG - tarciso@coltec.ufmg.br)

Resumo

Este trabalho mostra a fase inicial de elaboração de uma pesquisa em andamento, que trata das relações entre os modelos de gravidade e de forma da Terra e a idéia de ação à distância, na construção do modelo de mundo dos indivíduos. Como estes modelos evoluem e se relacionam com o desenvolvimento e escolarização dos indivíduos, para contribuir para uma visão de mundo onde flutuamos no espaço presos a um planeta por uma força que atua sem contato.

Introdução: Modelos e Modelos Mentais

Modelos são classificados de diversas maneiras, levando-se em conta critérios como tipos, usos, propósitos, etc. (Borges,1996; Gilbert e Boulter, 1998; Kapras et al., 1998). De maneira geral, um modelo pode ser entendido como um instrumento usado para visualizar, compreender, inferir, prever ou explicar determinado fenômeno ou conjunto de fenômenos de um determinado domínio, assim como guiar um determinado comportamento para provocar um certo acontecimento ou fenômeno nele baseado. Os modelos são construções humanas que podem variar em sua complexidade, desde modelos muito simples até modelos extremamente sofisticados e complicados.

Há indícios de que o nosso raciocínio pode estar fortemente baseado em modelos que temos da realidade. Segundo a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (citado em Borges, 1998), nossa habilidade em dar explicações está intimamente relacionada com nossa compreensão daquilo que é explicado, e para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter um modelo funcional dele. A inteligência humana está diretamente relacionada à nossa capacidade para inventar e operar modelos. Modelos nos permitem simular o que deverá acontecer, sob certas condições. Com o seu auxílio, simulamos situações, sem que elas jamais aconteçam. Isto nos permite ajustar o comportamento ou para evitar ou para provocar um determinado futuro. Os modelos economizam o corpo (Alves,1981).

Na construção de modelos (modelamento) são usadas, em geral, analogias com sistemas já conhecidos para dar subsídios ao entendimento de um sistema desconhecido. O modelo evolui e fica mais sofisticado à medida que acontece maior interação com o sistema.

A ciência se utiliza freqüentemente de modelos. Na realidade, o uso de modelos constitui a verdadeira base do pensamento científico. Segundo Harré (1972), existem dois propósitos principais do uso de modelos na ciência: o primeiro é o de simplificar o fenômeno ou torná-lo mais rapidamente manuseável, possibilitando certas inferências, muitas vezes impossíveis de se fazer de outro modo; o segundo tem caráter explicativo, quando o modelo é um modelo do mecanismo causal real, que até então pode estar desconhecido, exprimindo o

conhecimento do mundo e permitindo aplicar tal conhecimento. Os modelos da ciência são chamados de modelos conceituais (Norman,1983) ou modelos consensuais (Gilbert e Boulter, 1998; Krapas et al.,1998). Eles são, em geral, sofisticados, formulados rigorosamente e são compartilhados por certos grupos sociais.

Um modelo mental pode ser entendido como um modelo pessoal, construído ou internalizado por um indivíduo. Trata-se de uma estrutura que reflete a compreensão do sujeito sobre o que um determinado sistema contém, de como ele funciona e por que funciona daquela forma. Ele pode ser imaginado como conhecimento sobre o sistema, suficiente para permitir que o usuário experimente ações mentalmente antes de executá-las. Os modelos mentais dos indivíduos podem ser expressos através da ação, da fala, da escrita ou do desenho.

Os modelos mentais das pessoas dependem de sua experiência prévia e são limitados pela própria estrutura cognitiva humana e evoluem com a interação das mesmas com o assunto em questão. A habilidade de um indivíduo em explicar e prever eventos e fenômenos que acontecem à sua volta, evolui à medida que ele adquire modelos mentais mais sofisticados dos domínios envolvidos (Borges, 1998).

Devemos sempre tomar o cuidado de não confundir o modelo com a realidade, pois o modelo é uma forma que temos para interpretar a realidade, dar significado a ela. São construções intelectuais que acreditamos possam ser análogos de um determinado sistema real.

Pesquisar os modelos internos que as pessoas usam para explicar ou prever acontecimentos e fenômenos que acontecem à sua volta é tarefa difícil, pois não podemos simplesmente perguntar isto a elas. Muitas vezes as pessoas não têm nem mesmo consciência dos modelos que elas utilizam. Além disso, para estudar os modelos usados pelas pessoas, temos que ter em mente que o pesquisador também raciocina usando modelos mentais. O pesquisador modela, em sua mente, aquilo que ele pensa ser o modelo do outro. Assim, ele pode ter um modelo do modelo do outro, mas nunca um acesso direto a este, pois as representações mentais são internas, cheias de detalhes e particularidades que são inerentes a cada indivíduo. Este acesso pode ser conseguido indiretamente, pois as pessoas são capazes de fazer previsões sobre o comportamento de determinadas situações ou eventos, assim como dar explicações sobre o que as levaram a fazer tais previsões. A partir da análise destas previsões e explicações ou dos modelos expressos pelas pessoas, os pesquisadores podem obter informações sobre as características principais dos modelos em questão.

Levando-se em conta os detalhes e especificidades dos modelos utilizados pelos usuários teríamos, mesmo para um único domínio, tantos modelos quanto indivíduos. Devido a este fato, as pesquisas que visam a identificação de modelos mentais utilizados pelas pessoas, buscam encontrar as similaridades entre eles, de forma a poder agrupá-los e classificá-los segundo padrões mais gerais. A partir destas pesquisas, podem ser delineadas outras questões acerca da construção e utilização destes modelos para auxiliar, por exemplo, o ensino de ciências.

Um outro problema metodológico na pesquisa de modelos mentais é que devemos descartar nossas esperanças de achar modelos mentais claros, elegantes, mas ao invés disso aprender a entender as estruturas confusas, incompletas e difusas que as pessoas realmente têm (Norman,1983).

O que as pesquisas nos dizem

Existem muitas pesquisas para mapear as idéias de estudantes e pessoas em geral em várias áreas da ciência (Driver et al., 1989, 1994; Wandersee et al., 1994). Elas mostram desde simples idéias ou concepções ditas 'espontâneas' ou 'intuitivas', até modelos mais ou menos sofisticados que permitem ao usuário fornecer explicações sobre domínios mais ou menos específicos do mundo que o cerca. Vão desde idéias e conceitos pouco ligadas às estruturas de pensamento do indivíduo, até aquelas mais bem fundamentadas e interligadas e, muitas vezes, profundamente arraigadas.

Podemos nos perguntar: Por quê o modelo de Terra esférica é difícil de ser adquirida pelas crianças? Por quê, mesmo aquelas crianças que moram em países onde a cultura adulta, através da educação e da mídia de massa, proporciona uma exposição maciça da idéia de que a Terra é uma esfera apresentam estas dificuldades?

Vários autores admitem que os modelos que as pessoas freqüentemente apresentam, estão seriamente condicionadas a pressupostos geralmente baseados na percepção cotidiana ordinária. No caso dos modelos de Terra e gravidade, segundo Arnold et al. (1995) as crianças pesquisadas estão operando sob as amarras de duas pressuposições: a primeira de que o chão é plano e a segunda de que os objetos não sustentados caem. Vosniadou (1994) também sustenta que duas das pressuposições mais importantes da estrutura teórica das pessoas, que leva aos modelos pesquisados por ela são: que o espaço é organizado em termos das direções acima e abaixo relacionadas com um chão plano e que objetos não sustentados caem na direção 'para baixo'. As pesquisas citadas mostram que há uma relação estreita entre os conceitos de Terra e gravidade. Os modelos mentais de forma da Terra e da ação da gravidade não evoluem separadamente, mas ao contrário, são interdependentes. A construção de um modelo de Terra esférica só é possível com a ajuda de uma melhor compreensão da gravidade. A sofisticação de um implica na sofisticação do outro e vice versa (Nussbaum, 1989)

A compreensão de gravidade pode ser aprofundada se levarmos em conta que ela implica na interação (neste caso de atração) entre corpos e que esta interação ocorre à distância. Além do que, não é necessário um meio para que esta interação ocorra. No estudo da física, um dos modelos físicos mais abrangentes se refere ao da interação. Na ciência atual é aceito que toda interação física se dá à distância. Esta idéia é fundamental para a interpretação de muitos fenômenos físicos e químicos.

No trabalho de Bar, Zinn e Rubim (1997) estas dificuldades são pesquisadas e o que se conclui é que esta idéia não é entendida de forma simples. Esta pesquisa aponta para a dificuldade de se construir modelos apropriados de ação à distância, por parte das crianças. A idéia de força freqüentemente aparece ligada ao toque ou contato. As crianças, em geral,



Figura 1 – Mecanismo da gravidade (Bar, Zinn e

insistem que é necessário um meio (o ar, por exemplo) para que a gravidade, a força magnética e eletrostática se manifestem, não aceitando facilmente que um objeto possa agir sobre outro sem que nada material os ligue. Este tipo de concepção que relaciona a gravidade com a atmosfera leva o aluno a fazer previsões erradas como, por exemplo, a não existência de gravidade no vácuo ou acima da atmosfera. Muitos também não diferenciam magnetismo e gravidade de forma satisfatória. Estudando as idéias das crianças sobre a gravidade, estes mesmos pesquisadores acharam ligações entre peso, gravidade e ar nas concepções (figura 1). Notaram que as crianças pesquisadas ligam gravidade e pressão atmosférica, por um lado, e desconectam gravidade e peso, por outro, enquanto identificam o peso como massa. Além disso, muitas delas identificam a gravidade como um fenômeno particular do planeta Terra, ou seja, perto da Lua, por exemplo, não há gravidade.

Freqüentemente os professores de ciências e de física se deparam dentro de sala de aula com problemas relacionados com a interação à distância. A eletricidade e o magnetismo, assim como a gravidade, contribuem para a explicação de vários fenômenos como, por exemplo, as ligações químicas e os movimentos dos astros, etc.. Existe um amplo corpo de pesquisas relacionadas com o entendimento da eletricidade, do magnetismo e da gravidade por parte de estudantes, mostrando que eles têm maneiras particulares de entender e explicar os fenômenos relacionados com estes conteúdos, e de como elas são resistentes a mudanças (Wandersee et al.,1994). Mas, ao que parece, pouca coisa está sendo feita no sentido de relacionar estes diferentes conteúdos e as concepções que as pessoas têm deles usando como ponto de partida o conceito de interação à distância, que é fundamental para o entendimento de todos eles. Muitas das dificuldades de interpretação destes fenômenos por parte dos alunos podem ser derivadas da maneira como eles compreendem uma interação física.

Aliás, mesmo quando abordamos esta questão do ponto de vista histórico, nos deparamos com a dificuldade de se entender a interação física. Historicamente houve duas maneiras opostas de se interpretar a interação: uma era de que deveria haver contato e a outra de que poderia existir interações sem contato. Esta segunda causou muitas dificuldades conceituais. Apenas para citar um exemplo importante:

É inconcebível que a matéria bruta inanimada, sem mediação de alguma outra coisa que não seja material, possa atuar sobre uma outra matéria e a afetar sem contato mútuo... (Isaac Newton, citado em Koyré, 1979, p.170)

A pesquisa

Partindo da crença de que nós, seres humanos, construímos internamente modelos para interpretar o mundo e que a ciência também se baseia em modelos para explicar e prever fenômenos, torna-se importante o estudo dos mesmos no ensino de ciências, pois ensinar ciências é ensinar modelos (Alves, 1981).

A partir do que já foi exposto torna-se relevante um estudo mais aprofundado a respeito das relações entre os modelos de Terra e gravidade mediados pelo conceito de interação à distância. Numa tentativa de compreender a evolução e a sofisticação da visão de mundo das pessoas, o que esta pesquisa pretende fazer é investigar estas relações usando a teoria dos Modelos Mentais como referencial teórico.

Entendemos por evolução da visão de mundo o processo de modelamento que torna possível sairmos de uma concepção de Terra plana e limitada para uma visão cósmica onde estamos ‘presos’ (por uma força que atua sem contato) a um planeta que flutua no espaço. Ou parafraseando Alexandre Koyré, mudarmos “do mundo fechado ao universo infinito”.

O trabalho pretende focar basicamente a interferência da idéia de interação à distância e sem mediação na construção dos modelos de gravidade e Terra, analisando as influências escolares e culturais na evolução destes modelos. A pesquisa utiliza a metodologia baseada em entrevistas semi-estruturadas nas quais as pessoas são levadas a prever, observar e explicar eventos e/ou situações relacionadas com o tema proposto. Estas entrevistas serão analisadas com o propósito de estabelecer e categorizar padrões de respostas e identificar possíveis modelos mentais apresentados pelas pessoas alvo desta pesquisa, assim como analisar a inter-relação dos diversos modelos. Para tanto, serão pesquisados grupos de alunos de diversas escolas do ensino fundamental que ainda não entraram em contato com o ensino formal da gravidade em aulas de física e alunos de ensino médio que já passaram por este ensino formal. A pesquisa inclui ainda indivíduos adultos com pouca escolarização. Pretendemos, com isso, lançar luz sobre possíveis construções de modelos 'escolares' e 'não escolares'.

Podemos esperar semelhanças entre os modelos construídos culturalmente pelos adultos e os modelos dos alunos mais jovens. Provavelmente encontraremos, como características de modelos iniciais, a identificação da gravidade como característica do planeta Terra (Bar et al.,1997) e, da mesma forma, o peso como característica dos objetos ao invés de uma interação entre ambos.

A existência de vários trabalhos publicados de identificação de pré-concepções e modelos mentais de forma da Terra e gravidade nós dá um apoio e um respaldo para tratar de tais assuntos. Apesar disto há muito pouco resultado de pesquisa com alunos brasileiros. Este projeto de pesquisa de mestrado, em fase inicial, tem a pretensão de colaborar também no sentido de aumentar os resultados de pesquisa brasileira nesta área.

Bibliografia

ALVES, R. *Filosofia da Ciência*. Ed. Brasiliense, 12^a edição. São Paulo, SP, 1981.

ARNOLD, P., SARGE, A., WORRALL, L. *Children's knowledge of the earth's shape and its gravitational field*. Int.J.Sci.Educ., vol.17, no. 5, p. 635-641, 1995

BAR, V.; ZINN, B.; RUBIN, E. Children ideas about action at a distance. *International Journal of Science Education*, vol. 19, no. 10, p. 1137-1157, 1997.

BORGES, A.T. *Mental Models of Eletromagnetism*. England, University of Reading, 1996. (Tese de Doutorado)

BORGES, A.T. Modelos Mentais e o Ensino de Eletromagnetismo. *Cad.Cat.Ens.Fís.* v.15,n.1: p.7-31, abr.1998

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A.. *Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia*. Ediciones Morata, Madrid, 1989.

DRIVER,R.; SQUIRES,A.; RUSHWORTH, P.; WOOD-ROBINSON, V. *Making Sense of Secondary Science: research into children's ideas*. Routledge, New York, 1994.

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

HARRÉ, Rom. *As Filosofias da Ciência*. Cap.VI, Edições 70, Lisboa, 1972

HESSE, M.B. Action at a distance in classical physics. *Isis*, vol.46, p.337-353, 1955.

KOYRÉ, A. *Do Mundo Fechado Ao Universo Infinito*. Ed. Da Universidade de São Paulo, 1ª edição em português, SP, 1979.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G; COLINVAUX, D.; FRANCO, C. & ALVES, F.. Modelos: Uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências, In: COLINVAUX, D. (org.). *Modelos e Educação em Ciências*. Ed. Ravil, Rio de Janeiro, RJ, 1998.

NORMAN, D.A. Some Observations on Mental Models. In: GENTNER, D., STEVENS, A.L.(eds.) *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: LEA, 1983, Cap. 1, pp. 7-14.

NUSSBAUM, J. La tierra como cuerpo cósmico. In: DRIVER,R. GUESNE,E. TIBERGHIE,A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata, S.A.,1989. Cap. IX, p.259-290

SELMAN, R.L.; KRUPA, M.P.; STONE, C. R.; JAQUETE, D. S. Concrete operational thought and the emergence of the concept of unseen forces in children's theories of electromagnetism and gravity. *Science Education* 66(2): 181-194 (1982)

SNEIDER, C.I.; OHADI, M.M. Unraveling students' misconceptions about the earth's shape and gravity. *Science Education*, 82 (2): 265-284, 1998.

VOSNIADOU, S. Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, Vol. 4, pp. 45-69, 1994.

VOSNIADOU, S., BREWER, W.F.. Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology* 24, p.535-585, 1992

WANDERSEE, H.J.;MINTZES, J.J.;NOVAK,J.D. Research on Alternative Conceptions in Science. In: ABEL,D.L. *Handbook of Research on Science Teaching*. New York: Macmillan, 1994.