

CAI POR CAUSA DO AR: A GRAVIDADE COMO AÇÃO À DISTÂNCIA

Henri Araujo Leboeuf^a [henri@gogo.com.br]

A. Tarciso Borges^b [tarciso@coltec.ufmg.br]

^aFaculdade de Educação, UFMG

^bColégio Técnico e Faculdade de Educação, UFMG

INTRODUÇÃO

As crenças e concepções de estudantes a respeito de várias áreas de conhecimento já foram analisadas em numerosas pesquisas desde a década de 70. No conjunto, elas contribuem para o entendimento dos processos de construção de modelos por crianças e adolescentes a respeito do mundo que os cerca. Estas contribuições são particularmente relevantes para a área de ensino de ciências, que tem como uma de suas funções básicas propiciar a aquisição de alguns modelos científicos por parte dos estudantes (Millar, 1996).

Neste trabalho, categorizamos alguns candidatos a modelos de gravidade utilizados por dois grupos de estudantes brasileiros. Ao fazer esta categorização, destacamos quais seriam os mecanismos pelos quais a gravidade atua entre os corpos e a Terra, em particular no que tange ao seu caráter de ação exercida à distância, como é tratada no ensino fundamental e médio. O projeto mais amplo, do qual este trabalho é parte integral, está sendo desenvolvido no mestrado em Educação da UFMG e visa, entre outros objetivos, analisar as prováveis relações entre o entendimento da forma da Terra, gravidade e ação à distância por parte destes e de outros estudantes.

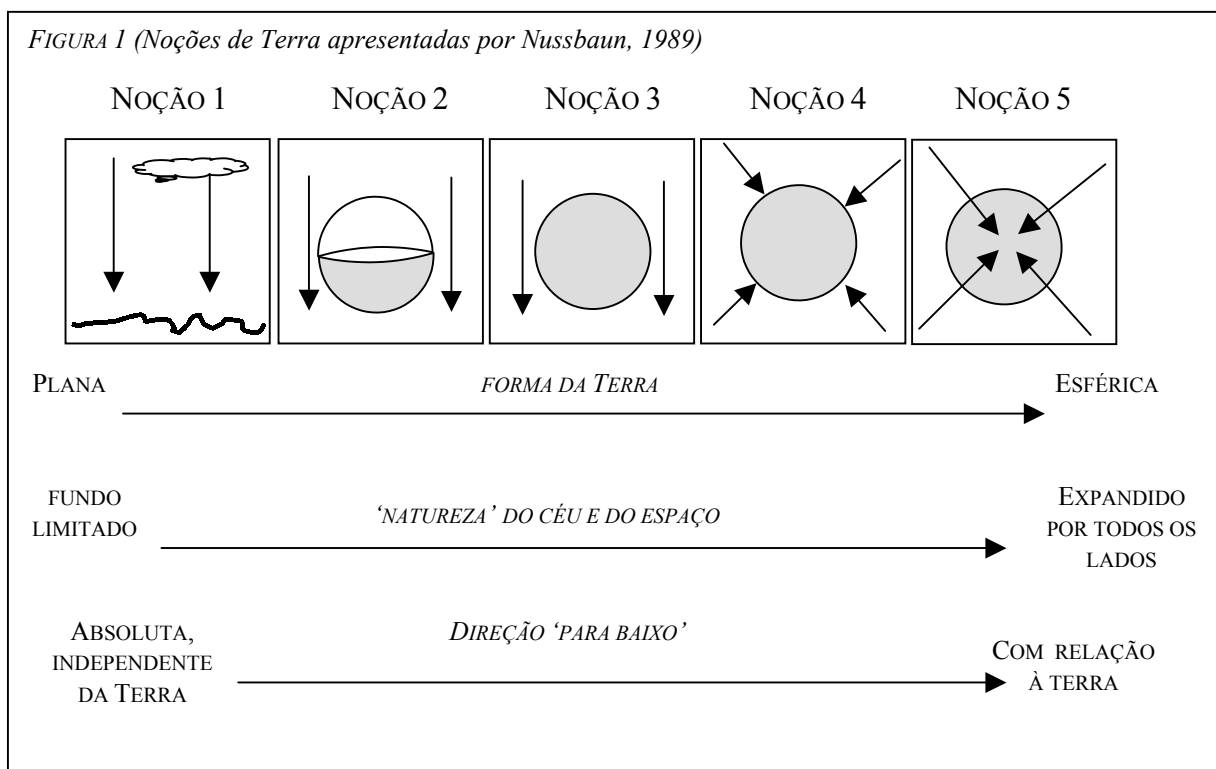
Foram analisadas entrevistas individuais, semi-estruturadas, gravadas em áudio e realizadas com dois grupos de estudantes de escolas públicas e particulares de Belo Horizonte. Um destes grupos (Grupo 1) é composto por oito estudantes da 6ª série do Ensino Fundamental e o outro grupo (Grupo 2) é composto por dez estudantes do 3º ano do Ensino Médio. Ambos os grupos são compostos por alunos cuja faixa etária é considerada adequada à série que cursavam: entre 11 e 13 anos para o grupo 1 e entre 17 e 19 anos para o grupo 2. Ao destacar a composição de cada um dos grupos queremos indicar elementos que permitam uma análise comparativa entre eles. No entanto, enfatizamos que a análise das entrevistas é trabalhada individualmente.

As entrevistas foram estruturadas numa seqüência do tipo previsão, observação e explicação (White e Gunstone, 1993). Neste tipo de estruturação os alunos são levados a fazer previsões sobre eventos relacionados ao objeto desta pesquisa e justificá-las. Em seguida, algum tipo de evidência sobre a produção do evento e sua relação com outros aspectos da situação tratada é fornecida ao entrevistado. Caso a sua previsão não se confirme, solicita-se que o entrevistado explique/justifique o desacordo entre previsão e evidência. Este tipo de entrevista é particularmente interessante no estudo de modelos mentais usados pelos estudantes, já que uma das características desses modelos é o seu poder como instrumento para a previsão e explicação (Borges, 1996). A partir da análise destas previsões e explicações apresentadas pelos participantes da pesquisa, podemos obter informações relevantes sobre o entendimento delas sobre o fenômeno observado e sua relação com outros eventos. Isto é, essa análise permite explicitar as características principais dos possíveis modelos que poderiam dar suporte a estas previsões.

ALGUMAS EVIDÊNCIAS DE PESQUISAS ANTERIORES

Vários autores admitem que os modelos que as pessoas freqüentemente usam em uma determinada situação problema, estão seriamente condicionados por pressupostos geralmente baseados na percepção ordinária de eventos cotidianos. No caso dos modelos de forma da Terra e gravidade, as análises feitas por Arnold et al. (1995) trazem evidências de que as crianças operam sob os constrangimentos de duas pressuposições principais: 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”. Estes dois pressupostos fazem parte do que Vosniadou chama de “modelos iniciais” de forma da Terra e gravidade. A partir daí estes modelos evoluiriam até chegar a modelos mais sofisticados e aceitos por professores e cientistas, passando por modelos intermediários que ela chama de “modelos sintéticos”. Estes modelos sintéticos agregariam elementos dos modelos iniciais com outros oferecidos pela cultura como, por exemplo, a esfericidade da Terra. A idéia tem o potencial, não explorado ou reconhecido pela autora, de permitir explicar a coexistência de concepções/idéias de senso comum e de outras mais parecidas com o modo científico de explicar os fenômenos naturais. Diluiria dessa forma a contraposição e a necessidade de demarcação entre o conhecimento comum, ou vulgar, do conhecimento científico. Essas pressuposições apresentadas por Arnold e colaboradores, e por Vosniadou, são fatores relevantes se queremos entender as dificuldades dos indivíduos para construir um entendimento coerente e consistente acerca de uma Terra esférica.

Em outro trabalho relevante, Nussbaun (1989) apresenta cinco “noções” de Terra (ver figura 1). Estas noções apresentam uma evolução em três níveis distintos. A forma da Terra varia de plana a esférica, a direção “para baixo” varia de absoluta a relativa ao planeta e a natureza do céu varia de limitado a expandido por todos os lados.



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 deles implicaria na sofisticação do outro e vice-versa.

Um aspecto relevante no entendimento da gravidade é o que ela é uma “ação à distância”, isto é, sem contato. No trabalho de Bar, Zinn e Rubim (1997), este aspecto é pesquisado e o que se conclui é que essa idéia não é entendida de forma simples. Esta pesquisa aponta para a dificuldade de se construir modelos apropriados de ação à distância, pelas crianças. A idéia de força frequentemente aparece associada ao toque ou contato. As crianças, em geral, insistem que é necessário um meio (o ar, por exemplo), ou entes intermediários, para que a gravidade, a força magnética e a força eletrostática se manifestem, não aceitando facilmente que um objeto possa agir sobre outro sem que nada material os ligue. Mesmo na história da ciência essa possibilidade de interação não-mediada sempre foi tomada com muitas reservas, talvez pela ausência de um mecanismo imaginável responsável pela interação. Esse 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. Notaram que as crianças pesquisadas associam a gravidade à 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 ou de outros planetas e estrelas, por exemplo, não há gravidade.

Pesquisas sobre o entendimento de estudantes a respeito de eletricidade e magnetismo (Andersson, 1985; Erickson, 1994, Borges, 1996) também sustentam que os estudantes têm dificuldades com a idéia de ação à distância e incluem um mediador (o ar ou a existência de ‘raios’, por exemplo) para tais ações, não aceitando a interação sem contato. A interação à distância poderia ser então bloqueada pela interposição de obstáculos entre os objetos envolvidos. Assim, a colocação de uma barreira, entre um ímã e um pedaço de ferro, faria cessar a interação entre eles.

MODELOS DE GRAVIDADE

Os modelos propostos aqui são uma tentativa de representar o pensamento destes estudantes. São representações gerais as quais acreditamos poder suportar as explicações e previsões que esses estudantes fazem acerca de fenômenos envolvendo a ação gravitacional. Obviamente, o modelo mental que cada um destes indivíduos tem a respeito da ação da gravidade não é diretamente acessível e, com certeza, contém especificidades individuais. Entretanto, essas tentativas de acesso ao conhecimento e à maneira de pensar das pessoas têm uma grande importância na pesquisa em educação em ciências. Há indícios de que o nosso raciocínio pode estar fortemente baseado em modelos que temos da realidade. Há quem chegue mesmo a afirmar que todo o nosso conhecimento do mundo depende da nossa habilidade em construir modelos dele (Johnson-Laird, 1983, p.402).

O termo “modelo mental” é usado aqui, de maneira ampla, com o sentido de modelo causal, podendo 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. A habilidade de um indivíduo em

explicar e prever eventos e fenômenos que acontecem a sua volta evolui à medida que ele adquire modelos mentais mais sofisticados dos domínios envolvidos, principalmente como resultado do processo de educação escolar específica nestes domínios (Borges, 1999).

Os modelos de gravidade apresentados aqui foram categorizados a partir das previsões e explicações dadas pelos entrevistados em várias partes da entrevista a respeito da causa da queda (ou não) de objetos em variadas situações ou eventos: nas proximidades da Terra, acima da atmosfera, na Lua, dentro de uma nave espacial distante de qualquer planeta. Foi evitado o uso de respostas “prontas” ou “escolares” para a categorização dos modelos, do tipo: “a pedra cai por causa da gravidade”. Ao contrário, os modelos foram elaborados a partir de várias indicações dadas ao longo de toda entrevista e que poderiam fornecer pistas para um melhor entendimento do que seria a gravidade. Além disso, alguns entrevistados sequer usavam, espontaneamente, a palavra “gravidade”, enquanto outros a empregavam como se ela fosse, por si só, uma explicação.

Foram excluídas do presente trabalho as entrevistas nas quais os estudantes apresentaram dificuldades mais sérias no entendimento da esfericidade da Terra (duas das dezoito entrevistas analisadas). Não haveria o que discutir a respeito da questão proposta nesse trabalho, mas o conjunto de modelos deve ser ampliado para incluir toda a diversidade de entendimentos. No entanto, ao mencionar estes dois casos, um estudante da 6^a série do ensino fundamental e o outro do 3^o ano do ensino médio, queremos ressaltar que nem todos os estudantes compreendem a esfericidade da Terra, mesmo tendo passado por pelo menos três anos de física. Isto significa que todos os dezesseis entrevistados aqui apresentados forneceram evidências claras de que compreendiam que a Terra é esférica e que moramos em sua superfície. Essa decisão foi tomada com base nas pesquisas apresentadas anteriormente (Nusbaum, 1989; Vosniadou e Brewer, 1992) que nos fazem supor que aqueles alunos que compreendiam a esfericidade da Terra teriam, como conseqüência, um modelo de gravidade mais próximo de um modelo que poderíamos chamar de “escolar”. Tentaremos mostrar a seguir se esta suposição encontra ou não suporte empírico, a partir dos modelos encontrados, que são descritos a seguir.

Gravidade Mediada pelo ar

Aqui foram categorizados os modelos dos alunos que reconheciam a ação da gravidade como uma força exercida pelo planeta Terra (ou outros planetas e a Lua). Entretanto, esta ação gravitacional parece funcionar apenas na presença do ar/atmosfera. Oito, das dezesseis pessoas incluídas no estudo, foram identificadas como usando este modelo, sendo quatro do grupo 1 e quatro do grupo 2.

O trecho a seguir mostra como uma entrevistada (G1-AEO) explica o fato de não “cairmos” da Terra e define força da gravidade:

Pesquisador: *E ela não cai não?* [se refere a uma pessoa na parte “de baixo” da Terra]

Aluno: *Não!*

P: *Por quê?*

A: *Por causa da força da gravidade.*

P: *O que te vem na cabeça quando você quando você fala sobre gravidade?*

A: *Ah... um tipo de pressão que puxa a gente para baixo.. Parece que... nada voa... cai.. Nada fica flutuando.*

P: *Como você acha que funciona essa pressão aí?*

A: *Como assim?*

P: *Você falou que é uma pressão que fica puxando a gente para baixo. Como você acha que isso funciona, o que faz isso?*

A: *Eu não tenho a mínima idéia (rindo...)*

Neste outro trecho da entrevista fica mais nítida a relação da gravidade com o ar. Neste caso a situação refere-se à Lua:

A: *Eu acho que não. Acho que lá nem tem gravidade.. nem tem... Tem pouco ar, pouquíssimo... Pouquíssimo, pouquíssimo, pouquíssimo! Acho que não. [se refere a Lua]*

P: *E se eu soltar uma pedra lá?*

A: *Ela vai flutuar.*

Apesar da relação explícita entre gravidade e ar, o mecanismo de atuação desta “pressão” é algo misterioso para esta aluna, assim como para a maioria dos entrevistados. Segundo Arons (1997, p.82) *apesar do poder da síntese newtoniana ou da beleza da Teoria da Relatividade Geral, nós não temos um mecanismo para a interação gravitacional e não temos idéia de como ela “funciona”*. Este “mecanismo” a que Arons se refere é o que nos permite “visualizar” um fenômeno em termos de alguma experiência mais familiar, ou seja um modelo físico da ação gravitacional. Os modelos na ciência têm esta função de tornar visível, ou visualizável, algo invisível ou intangível. Podemos, por exemplo, visualizar efeitos microscópicos como a pressão de um gás, ou a difusão e evaporação de líquidos em termos de um comportamento mais familiar de partículas macroscópicas. Entretanto não temos formas correspondentes de “visualização” para a interação gravitacional. Raciocínios similares se aplicam aos casos envolvendo as interações elétricas e magnéticas (Borges, 1996). Parece que mesmo quando ensinamos sobre a ação gravitacional e a associamos deliberadamente a um campo gravitacional, isso não diminui as dificuldades para os estudantes, pois não fornecemos a eles modelos físicos que suportem seu entendimento dos fenômenos.

No trecho abaixo aparece uma explicação peculiar dada por um único aluno (G1-BAB), apesar de ele ainda condicionar a observação da ação da gravidade à existência do ar. Neste caso ele conseguiu criar uma “visualização” desta atração:

A: *Tem uma distância limitada, igual à atmosfera.. A atmosfera tem uma distância limitada pro cara ficar preso à Terra – preso entre aspas porque ele pode subir de avião.[aqui o aluno se refere à situação em que um ímã atrai um prego e estabelece uma analogia com a gravidade.]*

P: *Você falou que isso aqui é parecido com a atmosfera da Terra. Será que a Terra também emite raiozinhos assim para puxar as coisas, ou é diferente? [o pesquisador aproveita uma fala anterior do estudante onde ele se refere a atração magnética como sendo devida a raiozinhos que saem do ímã para puxar o prego]*

A: *Não, acho que emite também, mas acho que são outros raios.. Mas acho que emite raios.*

P: *E esses raios você pode enxergar?*

A: *Não.*

P: *Bom, se eu ficar de muito longe, você acha que atrai?*

A: *Não.*

P: *Por que de longe você acha que não atrai?*

A: *Porque os raios, assim, não têm capacidade pra te puxar de uma distância tão longa.*

Em outro trecho ele volta a falar dos raios e elabora uma explicação para justificar a existência da atração apenas na presença de ar.

P: *Bom, e se tivesse um jeito de eu tirar o ar aqui do meio, você acha que esse prego ia continuar a ser atraído?*

A: *Ah... Eu acho que não.*

P: *Por que não?*

A: *Acho que... porque só consegue atrair com... É tipo uma mistura, entendeu? Você só vai conseguir atingir a mesma coisa se você tiver os mesmos ingredientes... igual assim: eu só vou conseguir fazer 'chocolate quente' se eu tiver leite e Nescau. Se você tiver só o Nescau você não vai conseguir!*

P: *E você acha que o raio que você falou tem que misturar com o ar?*

A: *É, eu acho que sim porque senão faz alguma diferença...*

Apesar de se tratar da atração magnética, podemos supor que a explicação é válida para o caso gravitacional, já que ele havia feito uma analogia explícita anteriormente. Analisando os trechos a seguir podemos notar a necessidade do ar como mediador da atração gravitacional e diferenciar este modelo do próximo a ser apresentado, onde o ar é o próprio agente da força gravitacional:

P: *E se eu levar essa pedra para um lugar bem alto, por exemplo, depois que já acabou essa atmosfera que você desenhou e soltar... O que acontece?*

A: *Ué, ela vai ficar no ar, assim, parado lá.*

P: *Por quê?*

A: *Porque no espaço aqui não tem mais gravidade.*

P: *Você acha que depois da atmosfera não tem mais gravidade?*

A: *É, eu acho que é.. Eu acho que é isso.*

P: *E se eu colocar ela mais em baixo, ela cai?*

A: *É, se colocar para dentro da atmosfera, ela cai, agora, se colocar para fora...*

(...)

P: *Bom, vamos supor que lá dentro dessa nave você solte uma pedra: o que ia acontecer lá dentro da nave se eu soltasse uma pedra?*

A: *A nave está fora da atmosfera?*

P: *A nave está bem longe, longe da Terra...*

A: *Bom, a pedra vai ficar flutuando, boiando...*

P: *Por que você acha isso?*

A: *Uai, porque não vai ter gravidade e o que puxa as coisas é a gravidade..*

P: *A gravidade tem só na Terra?*

A: *Hum... Não sei... Eu acho que é, só até o limite da atmosfera, né?*

P: *Você falou que na Lua não tinha também. E se fosse um outro planeta que tivesse atmosfera, você acha que lá teria gravidade?*

A: *Acho que tem.*

P: *E se não tivesse? [atmosfera]*

A: *Acho que não tem...[gravidade]*

Vemos aqui que existe a necessidade de dois elementos (planeta + ar/atmosfera) para que a atração gravitacional ocorra (fora da atmosfera a pedra flutua). A existência de apenas um desses elementos não é suficiente: no caso da nave (só ar) a pedra não cai e no caso dos planetas sem atmosfera também não. Apesar dos trechos acima destacados apresentarem a gravidade como fenômeno comum a todos os planetas (com atmosfera), nem todos os entrevistados pensam assim. Para alguns a gravidade é fenômeno exclusivo do planeta Terra.

Gravidade exercida pelo ar

Neste modelo, ao contrário do modelo anterior em que a presença da Terra ou de outro planeta ou da Lua eram necessários para que os objetos “caíssem”, a existência do ar parece ser suficiente para que tal fato aconteça. Isto significa que basta ter ar para que a gravidade funcione. Aqui foi muito comum o uso de termos como “pressão” ou “pressão do ar” para justificar a queda

dos objetos. O trecho de uma entrevista (G2-LOMS) abaixo mostra a relação da gravidade com o ar/atmosfera. Este aluno define claramente a gravidade como a “força feita pelo ar”:

P: *E aqui em baixo, será que tem jeito dela ficar?* [refere-se a possibilidade de uma pessoa ficar na parte “de baixo” da Terra]

A: *Tem!*

P: *Não cai não?*

A: *Não!*

P: *Por que não?*

A: *Ah... porque, assim, realmente... Acho que... É a gravidade.*

P: *Gravidade? O que é isso, gravidade?*

A: *Chegou no ponto, né? (risos...) A gravidade... eu posso falar assim que... é a força do ar. Ela segura a pessoa, quando a maçã cai do pé, não fica parada no ar... Não é igual no universo. No universo não tem gravidade.*

(...)

P: *E aqui na Terra – você desenhou a atmosfera aqui – onde você acha que acabaria? Você falou que aqui na Terra tem e aqui fora não tem. Onde que acaba?* [refere-se ao desenho feito pelo aluno onde estava retratada a Terra, a Lua e a camada atmosférica]

A: *Aqui! Exatamente no extremo aqui.*[aponta para o final da camada atmosférica, no seu desenho]

P: *Na hora que acaba a atmosfera acaba a gravidade?*

A: *É.*

Nesta categoria de modelo foram classificados os entendimentos de alguns entrevistados que, apesar de dizerem que o nos prende à Terra e faz os objetos caírem é um força exercida pela Terra, fazem previsões posteriores ao longo da entrevista que evidenciam uma incoerência com estas afirmações. Por exemplo, predizem que uma pedra flutuaria no interior de uma nave distante da Terra, caso não houvesse ar dentro dela, mas que esta mesma pedra cairia se houvesse ar. Isto nos leva a crer que é o ar, e não a Terra, que faz com que objetos caiam, já que a nave estaria distante da Terra ou de outros planetas e estrelas. Vejamos o trecho abaixo:

P: *E se tiver ar dentro da nave, você acha que tem gravidade?* [refere-se ao caso da nave citada no parágrafo anterior]

A: *Tem que ter ar, tem que ter ar... Então, tem gravidade sim.*

P: *E se eu tirar o ar de lá de dentro?*

A: *Sem gravidade...*

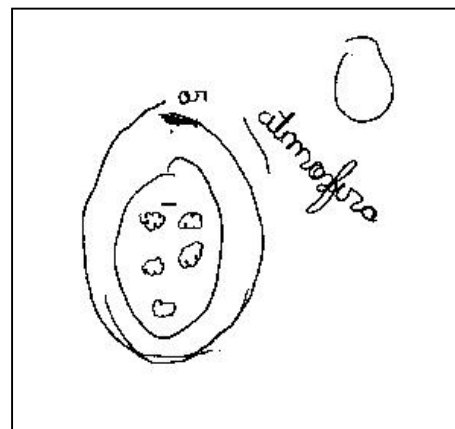
Como vemos, a Terra, ou outro planeta, não é necessário para produzir a gravidade. O único elemento ou agente necessário é o ar.

Gravidade como “pressão atmosférica”

Um dos entrevistados apresentou um modelo bastante curioso onde a queda dos corpos é explicada como sendo devida à “pressão atmosférica”. À primeira vista poderíamos entendê-lo como um caso particular de um dos modelos anteriores. Isso poderia significar meramente a mediação do ar na ação da gravidade, ou simplesmente o fato do ar ser o agente responsável por ela. Entretanto, nos chama a atenção o fato de que “atmosfera”, para este estudante, representa algo diferente do que poderíamos esperar. Isto dá a esse modelo uma característica peculiar, como veremos adiante.

Em um trabalho anterior (Leboeuf e Borges, 2001) propomos uma série de modelos explicativos usados por estes mesmos estudantes quando solicitados a dar alguma explicação que envolvesse a idéia de atmosfera. Parecia-nos que os entendimentos de gravidade e ação à distância, como já foi encontrado em pesquisas anteriores, poderiam estar relacionados com o ar/atmosfera. De fato, também neste trabalho, isto se mostra relevante para propiciar um entendimento mais preciso dos mecanismos associados ao modo de ação da interação gravitacional. Verificamos então que os modelos de atmosfera usados por eles muitas vezes estão em desacordo com o que poderíamos chamar de um modelo escolar, ou um ‘modelo científico’. Este parece ser o caso do modelo utilizado por esse estudante.

Para entendermos a idéia subjacente à expressão “pressão atmosférica” usada por este estudante vamos analisar o desenho ao lado, feito por ele. A atmosfera é uma segunda camada, acima da camada de ar, e é composta de “outros gases”. Seria possível especular, então, que esta camada “atmosférica” seria a responsável por nos “prender” à superfície do planeta, pressionando-nos para baixo. Abaixo está transcrito um pequeno trecho da entrevista onde ele explica como uma pessoa pode ficar na parte “de baixo” da Terra:



Pesquisador: *Como você falou que as pessoas não caem na parte de baixo?* [se refere ao fato do aluno dizer que as pessoas poderiam ficar na parte “de baixo” da Terra]

Aluno: *É a pressão atmosférica, né?*

P: *Pressão atmosférica? Como você acha que isso segura?*

A: *Ah... É a pressão, ela te apoia, ela te segura, não tem como você sair.*

Portanto, o sentido dado aqui à expressão “pressão atmosférica” pode ser encarado de forma diferente dos modelos anteriores, evidenciando uma maneira diferente de entender o fenômeno e justificando o seu tratamento como um modelo à parte. Entretanto, apesar de vários outros alunos apresentarem modelos de atmosfera semelhantes a este, apenas um aluno foi categorizado aqui por parecer ser o único a dar esta função específica a ela. Este aluno também afirmava que a queda dos objetos só acontecia na Terra e não em outros lugares, como na Lua ou em uma nave espacial (com ou sem a presença de ar), o que torna mais forte a interpretação apresentada aqui.

Gravidade como um “campo” limitado

Este modelo, apesar de não poder ser considerado correto do ponto de vista científico, ou mesmo escolar, foi o que mais se aproximou disto. Nesse modelo a atração da gravidade é atribuída ao planeta Terra e a outros planetas e a Lua. Esta atração atuaria num espaço limitado ao redor dos mesmos, ao modo de um “campo” ou “área de influência” (veja Borges, 1996; 1999, para modelo similar de magnetismo). A presença do ar não é necessária para que a atração ocorra, ou seja, o ar não está relacionado à ação da gravidade. O entendimento de um único aluno foi classificado aqui, o que pode nos indicar que um modelo escolar de gravidade ainda está distante da maior parte dos estudantes.

No trecho a seguir esse aluno (G2-TCVLS) define gravidade e afirma ser uma característica não só da Terra:

P: *Você acha que ela não cai, por quê?* [se refere ao fato do aluno dizer que as pessoas poderiam ficar na parte “de baixo” da Terra]
A: *Porque o centro tá atraindo, a força da gravidade.*
P: *O que é gravidade para você?*
A: *É a força que a Terra puxa.*
P: *Na Lua, por exemplo, tem gravidade?*
A: *Tem.*
P: *Você falou que é a força que a Terra puxa, mas será que em outros lugares também tem gravidade?*
A: *Também.*
(...)
A: *Mas ... Mas não é tão forte talvez como a da Terra.*

Neste outro trecho ele reafirma o seu conceito de gravidade e a dissocia de atmosfera, ao mesmo tempo que limita sua atuação no espaço:

P: *A gravidade você tinha me falado que era o quê mesmo?*
A: *A força que, não só a Terra, mas alguns outros planetas também têm para puxar... em outros pontos.*
P: *Você acha que todos os planetas têm essa força?*
A: *Sim.*
P: *E se eu fosse mais alto que a atmosfera, se eu saísse da atmosfera e soltasse a pedra lá de cima, o que ia acontecer?*
A: *Ah, ela ia cair na Terra talvez, mas se tivesse muito longe, ela não ia cair, ia ficar flutuando.*
P: *Por que você acha que ela ia flutuar se estivesse depois da atmosfera?*
A: *Porque a força da gravidade não está exercendo.. Ela não tem esse poder para atrair.*
P: *Você acha que essa força da gravidade vai até onde?*
A: *Ah, não sei... se teria limite, assim, eu não sei, se vai coincidir com a atmosfera, por exemplo... mais perto da superfície, um pouco...*
P: *Seria perto da atmosfera?*
A: *É.*
P: *A gravidade tem alguma coisa a ver com a atmosfera?*
A: *Não, acho que não.*

Ainda neste outro trecho ele considera a gravidade na Lua, compara sua atuação com a gravidade da Terra e, novamente, a desvincula do ar/atmosfera.

P: *E se ele soltasse uma pedra lá, o que ia acontecer?* [Lá... diz respeito à Lua]
A: *Vai cair.*
P: *Vai cair igual aqui na Terra?*
A: *Mais devagar.*
P: *Mais devagar?*
A: *É, porque a força é menor.*
P: *Lá na Lua você acha que tem ar?*
A: *Ar? Acho que não.*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados mostrados aqui, podemos notar a forte influência do entendimento de ar/atmosfera sobre os modelos usados pelos alunos para explicar fenômenos relacionados com a gravidade. Dos dezesseis entrevistados, apenas em um caso se observa uma clara desvinculação entre a ação da gravidade e o entendimento de ar/atmosfera. Entretanto, conseguimos mostrar que

esta influência pode ser entendida de duas formas distintas: o **ar como mediador** da ação gravitacional exercida pela Terra ou outros planetas e o **ar como a própria origem da ação gravitacional**. Observando o quadro abaixo, podemos ter uma idéia da distribuição dos modelos pelos dois grupos estudados.

Quadro comparativo dos modelos

Modelo	Mediada pelo ar (Planeta + ar)	Exercida pelo ar (Ar apenas)	Pressão atmosférica (Planeta + ar)	Campo limitado (Planeta apenas)
Grupo 1	4	2	1	-
Grupo 2	4	4	-	1
TOTAL	8	6	1	1

Parece não haver “evolução” dos modelos de gravidade do grupo 1 para o grupo 2, pelo menos no contexto dessa pesquisa. Por um lado, a nossa pesquisa não produz evidências disso, por outro, parece não haver predomínio de um, ou outro, tipo de modelo nos grupos. Isso sugere trajetórias alternativas na busca de um entendimento, mas robusto e elaborado. No entanto, essa questão e suas implicações educacionais precisam ser estudadas mais amplamente. Um fato marcante é que um modelo que poderia ser esperado resultar do ensino de ciências e física, principalmente entre os alunos do grupo 2 (3º ano do Ensino Médio) não foi identificado em nenhuma das entrevistas. Nossa visão a respeito é que isso indica que o entendimento da gravidade como uma ação à distância, ou o efeito da interação dos corpos com um campo, mas de toda forma não mediada por um intermediário material, é algo ainda distante da compreensão de estudantes de nível fundamental e médio.

Devemos lembrar aqui que os estudantes do Grupo 2 já haviam passado pelo ensino formal de gravidade, em geral ministrado no 1º ano do Ensino Médio, e alguns deles se preparavam para o exame vestibular. Outro ponto a destacar é a de que mesmo para aqueles estudantes que apresentam claras evidências de entendimento da esfericidade da Terra, o conceito de gravidade não é, necessariamente, científico ou escolar, no sentido atribuído às idéias científicas pela necessária adaptação para o ensino. Isto significa que os estudantes podem se sentir confortáveis com o fato de poderem estar por toda superfície de uma Terra esférica sem, no entanto, utilizarem modelos de gravidade que seriam esperados por seus professores. Apesar disso, devemos reconhecer que estes modelos de gravidade são sofisticados bastante para permitir previsões e explicações de muitos fenômenos. Alguns destes, corroborados por observações hoje cotidianas, como a de um astronauta que flutua em órbita da Terra: *“fora da atmosfera, pois lá não há gravidade”*.

BIBLIOGRAFIA:

ANDERSSON, Björn. Pupils' Reasoning With Regard to an Electromagnet. In: DUIT,R.; JUNG,W.;RHÖNECK,C.(eds.) **Aspects of Understanding Electricity**. IPN-Arbeitsberichte, 1985, pp.153-163.

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

ARONS, Arnold B. **Teaching Introductory Physics**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

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. Como Evoluem os Modelos Mentais. **Ensaio – Pesq.Educ.Ciênc.**, Vol. 1, n.1, pp.85-125, set. 1999.

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

ERICKSON, Gaalen. Pupils' Understanding of Magnetism in Pratical Assessment Context: The Relationship Between Content, Process and Progression. In: FENSHAM,P.; GUNSTONE,R.;WHITE,R.(Eds.) **The Content of Science: A constructivist approach to its teaching and learning**. Chapter 6, pp. 80-97. London: Falmer Press, 1994.

JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental Models**, Cambridge: Cambridge University Press.1983.

JOHNSON-LAIRD, P.N. Mental Models. In: POSNER, M.(ed.) **Foundations of Cognitive Science**. MIT Press, Massachusetts, 1993.

LEBOEUF, Henri A.; BORGES, A. T. Modelos de Atmosfera Apresentados por Estudantes Brasileiros. In: **Atas do III Encontro Brasileiro de Pesquisa em Educação em Ciências (III ENPEC)**, Atibaia, SP, 2001.

MILLAR, Robin. Towards a science curriculum for public understanding. (tradução) **School Science Review**, v.77, n.280, 1996.

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

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

WHITE, Richard.; GUNSTONE, Richard. **Probing Understanding**. Cap.1,3 e 4, The Falmer Press: UK, 1993.