



A PERCEPÇÃO DA GRAVIDADE EM UM ESPAÇO FÍSICAMENTE MODIFICADO: UMA ANÁLISE A LUZ DE GASTON BACHELARD¹

THE PERCEPTION OF GRAVITY IN A PHYSICALLY MODIFIED SPACE: AN ANALYSIS BASED ON GASTON BACHELARD

Pedro Donizete Colombo Junior^{1,2};

Cibelle Celestino Silva³

¹ Programa Interunidades de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo;

² Centro de Divulgação Científica e Cultural, Universidade de São Paulo; pedro.colombo@usp.br

³ Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo; cibelle@ifsc.usp.br

RESUMO

Esta pesquisa analisa aspectos do Ensino de Física em Centros de Ciências, sendo realizada na atividade Casa Maluca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo. Esta é uma *casa* com piso e paredes inclinados com ângulos de 15° em relação ao referencial externo, onde em seu interior os visitantes experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos cotidianos relacionados à força da gravidade. O objetivo é entender como este espaço influencia as noções e explicações acerca da gravidade pelos estudantes do Ensino Médio. Tomamos como referencial teórico as noções de obstáculos epistemológicos propostas por Bachelard e metodologia de pesquisa quantitativa e qualitativa.

Palavras chave: Centros de Ciências, Gravidade, Obstáculos Epistemológicos, Bachelard.

ABSTRACT

This research examines aspects of Teaching in Physical Science Centers, held being in the Mad House activity at the Dissemination Center for Science and Culture, University of São Paulo. This is a house with floors and walls with 15 ° angle inclination to the external reference, in its interior visitors experience the changes in the perception of some everyday phenomena related to the force of gravity. The goal is to understand how this setting affects the concepts and explanations concerning gravity presented by high school students. We assume as reference frame the theoretical notions of epistemological obstacles proposed by Bachelard and a quantitative and qualitative methodology research.

Keywords: Centers for Science, Gravity, Epistemological Obstacle, Bachelard.

¹ Esta pesquisa conta com o apoio financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa em Ensino em Centros de Ciências e Educação em Espaços Não Formal é uma das áreas que tem mais crescido ultimamente, graças à contribuição de vários trabalhos desenvolvidos ao longo dos últimos anos (FALK, 2001; GRIFFIN, 2004; MARANDINO, 2008, entre outros), porém ainda há poucas pesquisas sobre tópicos referentes ao Ensino de Física nestes locais. Em particular, não encontramos trabalhos que abordem o conceito gravidade em um contexto de Educação Não Formal, como o caso da Casa Maluca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP).

Esta pesquisa tem o intuito de discutir questões relativas à percepção e às noções dos estudantes acerca da força gravitacional em um espaço fisicamente alterado. A Casa Maluca tem piso e paredes inclinados com ângulos 15° em relação ao referencial externo. Em seu interior os visitantes experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com equilíbrio, sensações visuais e força gravitacional.

Diversos estudos mostram que os alunos trazem consigo noções de senso comum a respeito de fenômenos da natureza, em especial sobre o conceito gravidade. Alunos com conhecimentos formais em ciência tendem a usar um vocabulário mais sofisticado, porém os tipos de erros de raciocínio que fazem são similares aos erros cometidos por alunos mais novos e que ainda não estudaram ciências (KAVANAGH e SNEIDER, 2007).

Ao se trabalhar o conceito gravidade, explicações advindas do senso comum aparecem inevitavelmente. O senso comum é uma espécie de terreno fértil para nosso pensamento e nossas ações, em muitos casos ao destronar o senso comum é que surgem oportunidades para a incorporação de ideias atualmente aceitas pela comunidade científica como corretas (PATY, 2003). Uma das maneiras de isso ser feito é criando situações fora do cotidiano nas quais o senso comum é fortemente questionado, sendo assim a visita à Casa Maluca pode ajudar por meio da vivência da gravidade em um espaço alterado, a superação das concepções de senso comum.

Adotamos como referencial teórico a noção de obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard e metodologia de pesquisa quantitativa e qualitativa apoiada em aplicação de questionários, gravação em áudio e vídeo e entrevista semi-estruturada. A epistemologia bachelardiana foi escolhida como instrumento de análise, pois este autor considera que obstáculos epistemológicos inevitavelmente surgem nas relações entre o sujeito e o objeto do conhecimento (neste caso, entre estudantes e a força da gravidade em espaço cotidiano e fisicamente alterado).

2. A CASA MALUCA

A Casa Maluca é uma *casa* construída com piso e paredes inclinados com ângulos de 15° com relação ao referencial externo.

Ao entrarem em seu interior os visitantes não percebem visualmente a inclinação e experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com a força da gravidade, tais como: levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos, ver sua imagem com um ângulo de inclinação ao olhar para um espelho, a inclinação do prumo de



Figura 1. Casa Maluca

um filete de água que sai de uma torneira colocada numa das suas paredes, uma bola que sobe um plano inclinado, entre outros fenômenos relacionados com percepção e equilíbrio.



Figura 2a. Inclinação do prumo de um filete de água



Figura 2b. Percepção da ação da gravidade sobre o taco de sinuca



Figura 2c. Visualização da imagem com 15° de inclinação

Percebemos o mundo através dos nossos sistemas sensoriais, processando informações obtidas pela visão, audição, tato, paladar, olfato e sistema de equilíbrio. Os mecanismos sensoriais envolvidos quando adentramos à Casa Maluca são, provavelmente, os que mantêm a manutenção da postura e equilíbrio: a visão, a propriocepção² e o aparelho vestibular.

As informações recebidas desses três sentidos são utilizadas pelo cérebro para interpretar qual a melhor posição do corpo em relação à manutenção do equilíbrio. A visão é o sentido que nos localiza no mundo exterior através da noção de distância, velocidade e movimento. A propriocepção é provocada por deslocamentos mecânicos dos músculos e das articulações, ela informa o cérebro da posição, grau de contração e tensão de cada músculo do corpo. É através deste sentido que temos a noção de onde estão nossos membros. O aparelho vestibular detecta a posição da cabeça no espaço, isto é, determina se ela está ereta em relação à força gravitacional da Terra, se está jogada para trás, se está voltada para baixo, ou em outra posição (FERNANDES et al., 2006).

Uma vez no interior da Casa Maluca o indivíduo tenta se orientar pelas paredes e piso neste novo referencial. Logo ao entrar o estímulo visual tende em alguns momentos a se sobrepor aos demais sentidos para a manutenção do equilíbrio. Algumas pessoas ao entrarem na casa têm a impressão de que ela está girando. Podemos atribuir o desconforto ao conflito entre o que é percebido pelos olhos que informa o sistema nervoso que estamos no piso horizontal, e o que é detectado pelo labirinto que informa que estamos em um piso inclinado.

Como afirma Oliveira (1997) a nossa percepção não identifica o mundo exterior como realmente ele é, mas sim como as transformações efetuadas pelos nossos órgãos dos sentidos nos permitem reconhecê-lo. Sendo assim é importante não privilegiar um sentido em detrimento de outro no entendimento dos diversos fenômenos da natureza, por exemplo, a gravidade terrestre.

Na *casa* a inclinação de 15° em relação à orientação da força gravitacional da Terra causa uma sensação de desequilíbrio, além da percepção de duas componentes da força gravitacional que são nulas quando estamos na vertical ou muito imperceptíveis para pequenas inclinações.

² Do inglês *proprioceptive*, termo criado pelo fisiologista Charles Sherrington (1857-1952). É entendida como mecanismo sensorial capaz de receber estímulos originados no interior do próprio organismo.



Figura 3a. Casa Normal sem inclinação com a horizontal não há decomposição da força peso

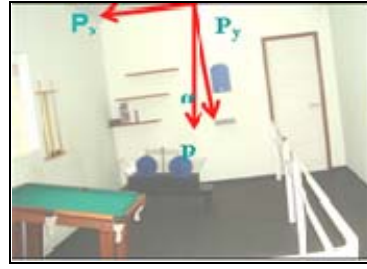


Figura 3b. Casa Maluca ângulo $\alpha = 15^\circ$ com a horizontal, temos: $P_x = P \text{ sen } \alpha$ e $P_y = P \text{ cos } \alpha$.

Enfim tais alterações podem ser problematizadas através de perguntas feitas aos visitantes com o objetivo de tomarem consciência da força gravitacional e sua dependência com o referencial adotado.

3. O CONCEITO GRAVIDADE NA PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A gravidade é um conceito de difícil acesso envolvendo um grande número de obstáculos epistemológicos, haja vista o longo desenvolvimento científico e filosófico pelo qual atravessou. Segundo Palmer (2001), nas últimas três décadas inúmeras pesquisas educacionais têm mostrado que os estudantes desenvolvem ideias e opiniões intuitivas sobre fenômenos naturais. Enquanto os estudantes aprendem mais sobre o mundo que o cerca, tendem a interpretar informações novas do ponto de vista de ideias existentes e de senso comum.

Apresentamos a seguir um recorte de alguns trabalhos de pesquisa que ilustram e ao mesmo tempo relatam os problemas observados no ensino e na aprendizagem do conceito de gravidade. Este recorte foi feito considerando uma diversidade de trabalhos englobando diferentes características de estudante, idades, métodos de pesquisa, local geográfico e épocas.

1. Watts e Zylbersztajn (1981) apresentam os resultados de um estudo desenvolvido com um grupo de 125 estudantes ingleses com idades em torno de quatorze anos e com cinco de seus professores. A proposta dos pesquisadores foi identificar as ideias trazidas pelos alunos sobre o conceito força e ao mesmo tempo obter informações a respeito da percepção dos professores em relação às ideias que seus alunos tinham.

Quanto à noção de força e gravidade. Uma pergunta ilustrada com um astronauta na Lua soltando uma chave de fenda foi utilizada para diferenciar força e gravidade. Era pedido ao aluno que indicasse dentre as alternativas qual seta demonstrava a força na chave de fenda (as setas foram colocadas supostamente para mostrar a direção da força agindo sobre a chave de fendas). Como resultado, 80% das respostas foram classificadas em duas vertentes: i. A chave permanece estacionária acima da superfície da Lua e na altura das mãos do astronauta; ii. A chave vai para cima se afastando da superfície da Lua.

Os motivos de tais manifestações foram variados, porém centrados em uma ideia; peso como sendo igual à força de gravidade. “Não haverá nenhuma força porque não há gravidade ou atmosfera”; “A gravidade puxa as coisas para ‘terra’”; “Se não há gravidade os objetos devem ir para cima” (WATTS e ZYLBERSZTAJN, 1981, p.364).

Quanto às noções de força e movimento, os resultados indicaram que 85% dos estudantes associam erroneamente um ao outro. Com relação aos professores entrevistados por Watts e Zylbersztajn (1981), estes tiveram grandes dificuldades em fazer previsões sobre as escolhas de seus alunos. Segundo os autores isto se deve às suas próprias dificuldades conceituais.

2. Watts (1982) realizou diversas entrevistas semi-estruturadas com alunos secundaristas, da região metropolitana de Londres, com idades entre doze e dezessete anos. As entrevistas foram mediadas por seis figuras: um golfista, uma pessoa segurando um balão, um astronauta na Lua, duas lanternas (uma ligada e outra não), um livro sobre uma mesa e por fim uma pessoa sobre uma plataforma de piscina simulando um mergulho. A partir da análise dos resultados foi possível fazer uma categorização das respostas, por exemplo: “Gravidade requer um meio para agir”; “Onde não há ar, não há gravidade: gravidade requer ar”; “Gravidade aumenta com altura”. Segundo Watts, os estudantes consideram que objetos em uma posição mais elevada requerem mais força para serem suportados. Porém a lei de Newton nos diz que a gravidade obedece à lei do inverso do quadrado, isto é; decresce à medida que a distância aumenta em direção ao espaço.

Enfim, este trabalho mostra que os estudantes entendem que a gravidade só opera em objetos pesados, é uma força seletiva e não agindo em todas as coisas e é uma força grande.

3. Nardi e Carvalho (1996) em um estudo realizado com 45 estudantes de Ensino Fundamental e Médio procuraram mostrar a evolução das ideias dos estudantes sobre espaço, forma e campo gravitacional do planeta Terra. Chegaram à conclusão que os estudantes trazem concepções conflitantes a respeito da gravidade. Entre seis e oito anos de idade as crianças não entendem a atração de um objeto para o centro da Terra, sendo improdutiva a utilização de termos como “gravidade”, “força gravitacional” ou “campo gravitacional”. Por volta dos onze anos embora entendam que os corpos são atraídos na direção do centro da Terra, muitas vezes apresentam um limite para a ação à distância, ou seja, admitem o fim da atmosfera como limite para a atuação da gravidade.

Outros autores já haviam chegado a conclusões parecidas, por exemplo, Nussbaum e Novick (1979) ao investigarem o desenvolvimento das noções sobre a Terra com 240 crianças em escola pública de Jerusalém, Israel. Nussbaum e Novick (1979) reuniram as ideias das crianças em cinco “noções de Terra”, indo de uma Terra plana até a visão mais conceitual de Terra esférica (Figura 4). A direção das setas nas primeiras noções nos indica o “para baixo” [queda] absoluto e independente da Terra. Já nas últimas noções a direção das setas evidencia o “para baixo” [queda] dependente da Terra.

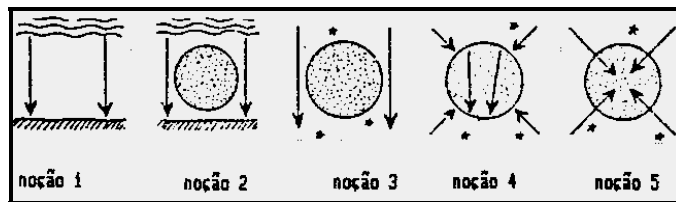


Figura 4. Noções sobre a Terra apresentadas por crianças israelenses (Nussbaum e Novick *apud* Nardi e Carvalho, 1996, p. 146).

A representação da figura 4 mostra que há uma relação estreita entre os conceitos de Terra e gravidade. Segundo Leboeuf e Borges (2002, p. 3):

[...] 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.

4. Palmer (2001) mostrou que estudantes frequentemente têm concepções múltiplas na ciência e muitas vezes aplicam uma concepção em um problema e outra diante de outro problema relacionado. Por exemplo, a ação da gravidade sobre uma série de objetos móveis e/ou não-móveis em situações diárias.

O autor desenvolveu sua pesquisa com 112 estudantes (divididos igualmente em escolas primárias (Ep) e escolas secundárias (Es)) de uma cidade do sudeste da Austrália. A finalidade da pesquisa foi tentar identificar as concepções alternativas e as concepções cientificamente aceitáveis sobre gravidade que os alunos traziam e ao mesmo tempo investigar a natureza das possíveis relações entre estas concepções. Inicialmente foi fornecida aos estudantes uma folha de papel contendo nove situações diferentes, tais como uma pessoa em um barco e um tijolo jogado para cima. Então era pedido para que os estudantes identificassem em quais objetos a gravidade atuava. Em um segundo momento os estudantes eram convidados a justificar suas escolhas durante uma entrevista.

Para analisar os resultados o autor construiu de dois grupos. O primeiro grupo composto por estudantes que indicaram corretamente que a gravidade atuava em todos os objetos. Apenas 11% dos estudantes de escolas primárias e 29% dos estudantes de escolas secundárias fizeram parte deste grupo. O segundo grupo foi composto por estudantes que apresentaram inconsistências do ponto de vista científico, ou seja, indicaram que a gravidade não agia em alguma das situações propostas e apresentaram concepções alternativas. Neste grupo foram classificados 89% dos estudantes de escolas primárias e 71% dos estudantes secundaristas. Segundo Palmer as concepções usadas por mais de um aluno e que, portanto, podem ser significativas dentro do estudo, são: gravidade age para baixo em objetos caindo (76% Ep; 90% Es); não age em objetos que estão se movendo para cima (40% Ep; 45% Es); age para baixo em objetos parados (26% Ep; 48% Es); não age em objetos parados (34% Ep; 28% Es); age para cima em objetos que estão se movendo verticalmente para cima (32% Ep; 30% Es); age para baixo em objetos que estão se movendo verticalmente para cima (12% Ep; 25% Es); não age em objetos caindo (12% Ep; 8% Es).

A pesquisa mostrou que concepções alternativas e concepções científicas convivem na estrutura cognitiva dos estudantes. Para o autor a compreensão da gravidade como uma força que faz as coisas caírem para o centro da Terra pode ser esperada em todos os níveis de escolaridade, pois em muitos casos os estudantes invocam a ideia da gravidade para explicar o fenômeno da queda.

5. Em uma pesquisa desenvolvida com 30 alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola de Porto Alegre, Hülsendeger (2004) buscou fazer um paralelo entre as possíveis representações trazidas pelos estudantes sobre a queda dos corpos e as ideias defendidas por Aristóteles sobre o assunto. O trabalho iniciou-se com a criação de um diálogo entre dois colegas fictícios, onde foi exposta a discussão do motivo de os corpos

caírem de forma diferente. Segundo a autora, o propósito da atividade era verificar se as ideias que os alunos traziam sobre a queda dos corpos se aproximavam da ideia defendida por Aristóteles ou aproximavam-se das ideias de Galileu. Segundo Hülsendeger (2004, p. 382):

A escolha desse procedimento esteve embasada no fato de acreditar que o aluno traz para dentro da sala de aula conceitos, ideias ou concepções que, se ignorados ou não levados a sério, poderão dificultar, e até mesmo prejudicar, o processo de ensino-aprendizagem.

Nos demais encontros os alunos foram encorajados a pesquisar, discutir e apresentar textos sobre a queda dos corpos na visão de Aristóteles e Galileu. Os achados da pesquisa mostraram que muitos alunos, apesar de já terem algum tipo de conhecimento sobre o que se desejava estudar, tinham enraizados conceitos semelhantes aos de Aristóteles sobre a queda dos corpos, ou seja, apresentavam paralelos com ideias aristotélicas.

Hülsendeger (2004) mostrou ainda que alguns alunos trocam o conceito de peso por densidade, porém a conclusão era análoga: “corpos com densidades diferentes caem com velocidades diferentes”. Sendo assim a autora é enfática em afirmar que muitas vezes os alunos trazem consigo concepções “semelhantes a modelos que a ciência atual já considera superados, mas que ainda têm grande força no imaginário do aluno” (HÜLSENDEGER, 2004, p.386).

Quando se trata do estudo da queda dos corpos muitas vezes os alunos têm dificuldades em romper com ideias baseadas na simples observação do fato (MATTHEWS, 1995). Em face da gama extensiva de concepções existentes sobre gravidade, vemos a visita à Casa Maluca como um excelente recurso didático onde os estudantes têm a oportunidade de perceberem que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando aparentemente não sentimos seus efeitos. Acreditamos que a problematização das noções dos estudantes sobre gravidade em um ambiente físico alterado também pode contribuir para desmistificar conceitos trazidos pelo senso comum.

4. A EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD

Adotamos como referencial teórico o conceito de obstáculos epistemológicos introduzidos pelo francês Gaston Bachelard (1884-1962). Para Bachelard o problema do conhecimento se coloca através de obstáculos epistemológicos, sendo que a presença destes é inerente ao desenvolvimento do conhecimento científico, tanto do ponto de vista histórico quanto da prática pedagógica. Assim, é a superação de obstáculos epistemológicos que propicia o avanço do conhecimento.

Obstáculos epistemológicos são de ordem diversa, construções da própria natureza humana ou até mesmo de causas sociais (MELLO, 2005). Caracterizam-se como aquilo que obstrui, dificulta e limita o progresso da ciência. Dentre os obstáculos epistemológicos enfrentados ao longo do desenvolvimento do pensamento científico e da prática pedagógica destacamos:

A experiência primeira e o realismo

São inúmeras as maneiras de expressar o obstáculo epistemológico experiência primeira. Segundo Bachelard (1996) é a experiência colocada antes e acima da crítica, o

início dos obstáculos na formação do espírito científico. A experiência primeira é um obstáculo ao conhecimento científico à medida que aborda fenômenos complexos como se fossem fáceis. Portanto, “não constitui, de forma alguma, uma base segura” (BACHELARD, 1996 p. 29). Na Casa Maluca a experiência primeira está relacionada com as impressões e noções que os visitantes constroem acerca do conceito gravidade a partir de suas experiências cotidianas e do grande estranhamento sensorial que vivenciam ao entrarem na casa. Intimamente ligado à experiência primeira, tem-se o obstáculo realista, o qual está associado ao que Bachelard chama de realismo ingênuo, ou seja, associado à noção do real. O obstáculo realista traz como principal característica “à conversão, sem maiores questionamentos, do real imediato em certeza absoluta de verdade” (SILVEIRA, 2003, p.37).

O conhecimento Geral

No conhecimento geral a generalização torna as leis tão claras, completas e fechadas que dificilmente levanta-se o interesse por questionar suas premissas (GOMES e OLIVEIRA, 2007). Como afirma Martins (2004), por trás de uma lei ou conceito geral o espírito pré-científico acaba buscando formas de explicar tudo, acabando, porém, por não explicar nada. Em sua inquietação Bachelard afirma que o conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago.

[...] Aristóteles ensinava que os corpos leves, fumaça [...] e chama, encontravam no empíreo seu lugar natural, ao passo que os graves procuravam naturalmente a terra. [...] na aula de mecânica elementar, que estuda a queda dos corpos, é dito que todos os corpos caem sem exceção [...] ao proceder à experiência no vácuo, chega-se a uma lei mais rica: no vácuo todos os corpos caem com a mesma velocidade. Este é um enunciado útil, base real de um empirismo exato. Entretanto esta forma geral bem constituída pode entrar o pensamento [...] A lei é tão clara, que não se tem necessidade de estudar mais de perto o fenômeno da queda [...] a noção de velocidade esconde a noção de aceleração [...] que corresponde à realidade dominante (BACHELARD 1996, pp.69-72).

O substancialismo

Outro obstáculo epistemológico proposto por Bachelard é o substancialismo, o qual leva à atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância ou relaciona uma substância a qualidades diversas. Como afirma Bachelard, este é um sintoma claro de sua sedução. Uma explicação breve e decisiva, derivada da substancialização de uma qualidade imediata, de uma intuição direta. Para Bachelard, a partir da imagem isolada que traduz apenas um momento do fenômeno total, o espírito pré-científico realiza um meio absoluto de explicação imediata, ou seja, extingue-se a busca científica, pois todas as perguntas são abafadas pela resposta substancial. “Pensa-se como se vê, pensa-se o que se vê: a poeira gruda na parede eletrizada, logo a eletricidade é uma cola, um visco” (BACHELARD, 1996, p.128). A ideia de que os fenômenos são intermediados e causados por substâncias entram os futuros progressos do pensamento científico. A queda de um objeto é atribuída à ação da gravidade, logo um astronauta *flutuando* nas proximidades da Terra remete a ideia de ausência de gravidade.

O animismo

O obstáculo animista pode ser entendido como resultante da aplicação de características de seres vivos aos mais variados fenômenos. O fato de que atribuir vida

daria relevância a um determinado fenômeno também se enquadra na denominação animista (GOMES e OLIVEIRA, 2007). O obstáculo animista constitui grande dificuldade à apropriação dos conceitos científicos aceitos atualmente. Ao se mostrar natural, este obstáculo epistemológico acaba por seduzir a razão e, portanto sendo convincente para o espírito pré-científico. No caso da gravidade a ideia de que a Terra “puxa para baixo”, na repulsão elétrica a ideia de um “não gostar do outro”...

A noção de obstáculo epistemológico está presente no pensamento científico e revela conceitos e noções firmemente solidificados, onde por diversas razões, por exemplo, de foro afetivo, torna-se de difícil desprendimento.

5. METODOLOGIA E RESULTADOS

Adotamos uma combinação de metodologias de pesquisa qualitativa e quantitativa, apoiada em aplicação de questionários, gravação em áudio e vídeo e entrevistas semi-estruturadas. Como afirmam Lüdke e André (1986) esta combinação é fundamental, pois fornece subsídios fundamentais para a coleta e análise dos dados envolvendo ideias e conceitos tais como os explorados nesta pesquisa.

A pesquisa quantitativa foi realizada com a utilização de questionários contendo questões de múltipla escolha e questões do tipo semi-abertas onde, num primeiro momento o visitante respondia determinada questão e em seguida era convidado a fazer alguma consideração ou justificar sua resposta. Como um dos objetivos desta pesquisa foi conhecer as concepções dos estudantes acerca do conceito gravidade em um espaço físico alterado, os dados qualitativos foram cruciais. Estes compreenderam gravações em áudio e vídeo e entrevistas semi-estruturadas.

A visita à Casa Maluca ocorre com grupos de no máximo cinco pessoas e dura em média de 15 minutos. Durante o ano letivo de 2008 e o primeiro trimestre de 2009 orientamos a visita de 300 alunos, com a aplicação de 118 questionários após a visita, aquisição de aproximadamente quatro horas de gravações em áudio e vídeo das visitas e entrevistas com alguns visitantes. Durante a visita buscamos não entrar em detalhes sobre o conceito gravidade, o intuito é não influenciar as percepções dos estudantes sobre a gravidade.

Os primeiros resultados apontam a presença de alguns obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard e demonstram as dificuldades dos alunos em entenderem o conceito gravidade e seu caráter vetorial.

A nossa análise inicia-se com algumas respostas dos alunos a pergunta: **Em física, o que você entende pelo termo gravidade?** “[...] é uma força que só a Terra exerce nos corpos”; “[...] força que atua sobre os corpos para que as pessoas fiquem em pé”; “[...] é a força que nos puxa ao centro da Terra e nos mantém presos a esta, não só nós, tudo! Todos os outros corpos presentes em sua superfície”.

A maior parte dos alunos explica a gravidade como “algo que tende a puxar para baixo”. Tal generalização constitui-se um obstáculo epistemológico **experiência primeira** que apesar de facilitar momentaneamente o entendimento do conceito acaba por bloquear o interesse pelo estudo mais aprofundado sobre a gravidade. A experiência primeira também se apresenta como obstáculo epistemológico para o correto entendimento da atração mútua entre os corpos, ou seja, a compreensão do princípio da ação e reação. Acreditamos que por ser imperceptível aos sentidos, a ideia de atração mútua entre os corpos seja de difícil acesso para os estudantes.

Após a visita à Casa Maluca foram apresentadas aos alunos sete situações (Figura 5) e pedido que indicassem em quais casos a gravidade atuava e em qual direção. Quanto ao caráter vetorial da gravidade, houve uma variedade imensa de respostas, evidenciando a dificuldade dos alunos em entender e trabalhar com o caráter vetorial da gravidade.

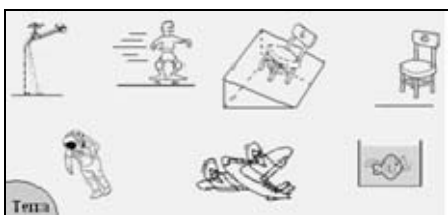


Figura 5: Em quais casos a gravidade atua? E qual a sua direção?

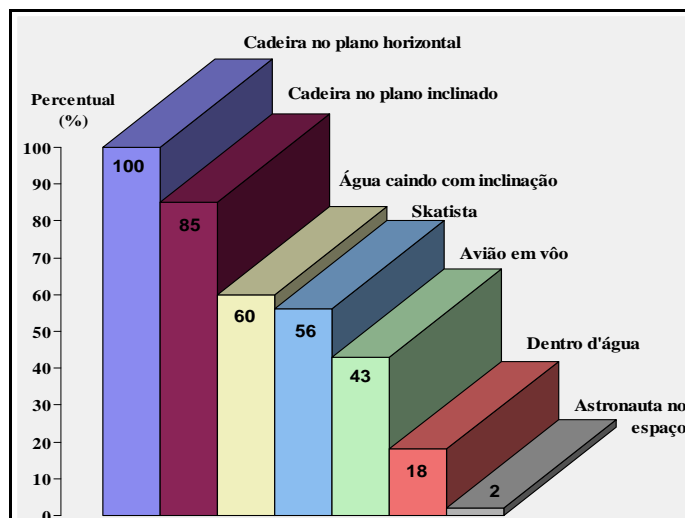


Gráfico 1: Em quais casos a gravidade atua?

O que chama a atenção nesta questão é o fato de que a maioria dos alunos acredita que a atuação da gravidade restringe-se a região próxima da superfície da Terra, não atuando sobre um astronauta no espaço. Apenas 2% dos alunos afirmaram que um astronauta no espaço está sob ação da gravidade e 43% acreditam que a gravidade atua sobre um avião em vôo. Estudos anteriores mostram que os alunos muitas vezes consideram a atmosfera terrestre como a causa e limite da gravidade (NARDI e CARVALHO, 1996) e pensam que como no espaço não há atmosfera não haverá gravidade.

Esta concepção pode estar associada ao obstáculo epistemológico **realismo ingênuo** que está diretamente associado ao conhecimento comum ou a noção do real e dificulta a abstração. Este fato se torna mais evidente quando constatamos que quase a totalidade dos alunos aceita que a gravidade atua sobre os outros objetos que estão sobre a superfície da Terra. O gráfico 1 mostra esta evidência.

Em geral a afirmação dos alunos de que a gravidade “puxa, empurra para baixo” esconde o que Bachelard chamou de obstáculo **animista** o qual, ao se mostrar natural, dá vida e seduz a razão. A presença do realismo ingênuo associado ao obstáculo epistemológico animista, busca sempre simplificar a vida do aluno, mas, no entanto, acaba por dificultar futuros questionamentos, pois, num primeiro momento, parecem satisfatórias. Cabe destacar que o obstáculo animista é muito presente nos livros didáticos de ciências.

Outro achado que chama a atenção é a confusão que alguns alunos fazem entre os conceitos de pressão e gravidade. Alguns estudantes falam sobre a influência da atmosfera sobre a queda dos corpos, atribuindo à atmosfera uma qualidade *pressionadora* dos corpos na Terra, corroborando resultados anteriores. Associamos tais ideias ao obstáculo

epistemológico **substancialista**, onde se atribui a uma substância qualidades diversas e até opostas.

Nossa análise evidenciou ainda que em muitos casos as ideias dos alunos apresentam paralelismo com ideias aristotélicas, muitas vezes consideradas como superadas pela ciência moderna: “[...] um objeto mais pesado cai mais rápido que um mais leve”. Tais ideias podem ser associadas ao obstáculo epistemológico **conhecimento geral**, onde o aluno ao generalizar que objetos pesados caem mais rapidamente torna a lei tão clara, completa e fechada, que dificilmente se desperta interesse por questionar suas premissas.

Constatamos também que a maioria dos alunos (90%) demonstrou grande entusiasmo em retornar à Casa Maluca, deixando claro o caráter motivador da visita. Este resultado confirma que os contextos fora da sala de aula, como a visita a um Centro de Ciências estimulam os estudantes a promoverem novas conexões entre a ciência e o cotidiano, pensando mais sobre o tema trabalhado e suas implicações.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A epistemologia bachelardiana nos indica que o acesso do aluno ao racionalismo aplicado exige a superação dos obstáculos epistemológicos advindos do conhecimento de senso comum. Tais obstáculos por serem intrínsecos ao conhecimento necessitam de trabalho constante para superá-los (LOPES, 1993).

Os primeiros resultados da pesquisa ilustram as idas e voltas do senso comum, na medida em que ideias sobre a queda dos corpos e gravidade concebida como superadas, emergem nas palavras de muitos estudantes. Sendo assim, esta pesquisa nos encoraja a sugerir que a preocupação com a análise epistemológica no ensino seja incorporada em todos os níveis de instrução, uma vez que as dificuldades de transpor obstáculos epistemológicos são entraves à aprendizagem de qualquer conceito, seja ele físico ou não.

Compartilhamos com Silveira (2003) que tratar epistemologicamente o Ensino de Ciências pode permitir que o professor tenha uma autonomia maior na análise, no uso e na crítica aos métodos e materiais utilizados em sala de aula.

Não pretendemos esgotar um tema tão rico e complexo em poucas páginas, porém esperamos colaborar com a área de Ensino de Física revelando os possíveis obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos no entendimento do conceito gravidade. Enfim acreditamos que a visita à Casa Maluca apresenta-se como um excelente recurso didático, onde os estudantes se vêem questionados sobre suas ideias trazidas pelo senso comum em direção ao conhecimento científico aceito atualmente. Como desdobramento deste trabalho, serão desenvolvidos diretrizes a serem discutidas e utilizadas com os monitores que atendem visitantes da Casa Maluca visando um melhor aproveitamento da visita e questionamento dos obstáculos epistemológicos aqui encontrados.

9. REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p.

FALK, J. **Free-choice science education: how we learn science outside of school**. New York: Teachers College Press, 2001, 226 p.

FERNANDES, C.; VARGAS M. C.; BORGES R. M. R. Percepção da realidade na Casa Maluca. *In: Anais da 2ª Reunião Regional da SBPC-RS*. Porto Alegre, 2006.

GOMES, H. e OLIVEIRA O. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciências & Cognição**, v.12, ano 02, pp.96-109, 2007.

GRIFFIN, J. Research on students and museums: looking more closely at students in school groups. **Science Education** 88 (Supp. 1): S59-S70, 2004.

HÜLSENDEGER, M. Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**. v. 21, n.3. p.377-391, 2004.

KAVANAGH, C.; SNEIDER, C. Learning about gravity I. Free fall: A guide for teachers and curriculum developers. **The Astronomy Education Review**, v.5. n.2, pp. 21-52, 2007.

LEBOEUF, H. A.; BORGES, T. Cai por causa do ar: a gravidade como ação à distância. **Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**. Águas de Lindóia – SP, junho, 2002.

LOPES, A. R. C. Contribuição de Gaston Bachelard ao ensino de ciências, **Enseñanza de las ciencias**, v.11, n.3, p. 324-330, 1993.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986, 99 p.

MARANDINO, M. **Educação em museus: a mediação em foco**. São Paulo: GREENF /FEUSP, 2008, 36 p.

MARTINS, A. F. P. M. **Concepções de estudantes acerca do conceito do tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de aproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3, pp.164-214, 1995.

MELO, A. C. S. **Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

NARDI, R.; CARVALHO, A. M. P. de. Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1. n.2, 1996. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID13/v1_n2_a2.pdf>. Acesso: 07 ago. 2007.

NUSSBAUM, J. e NOVICK D. Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study. **Science Education**, v.63, n.1, pp.83-93, 1979.

OLIVEIRA, J. M. **Percepção e Realidade**, 1997. Disponível em: <<http://www.cerebromente.org.br/n04/opiniao/percepcao.htm>>. Acesso: 11 fev. 2009.

PALMER, D. Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. **International Journal Science Education**, v.23, n.7, pp.691-706, 2001.

PATY, M. A ciência e as idas e voltas do senso comum. **Scientiae Studia**, v.1, n.1, pp. 9-26, 2003.

SILVEIRA, M. P. **A análise epistemológica do conceito de substância em livros didáticos de 5ª a 8ª série do ensino fundamental**, Mestrado em Ensino de Ciências-Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

WATTS, M.; ZYLBERSZTAJN, A. A survey of some children's ideas about force. **Physics Education**, v.16, n.6, pp.360-365, 1981.

WATTS, M. Gravity - do not take it for granted! **Physics Education**, v.17, n.3, pp.116-121, 1982.