



Percepção da gravidade em uma intrigante visita à Casa Maluca do CDCC/USP

A queda dos corpos pode ser observada e percebida em todos os momentos. O fato de experimentarmos a queda no cotidiano torna comum a constatação de sua vivência pelas pessoas. Porém, entender e explicar o porquê das coisas caírem não é uma tarefa trivial. É muito comum atribuímos a queda de um objeto à palavra gravidade, assim, em muitos casos torna-se também comum pensar na ausência de 'gravidade' quando da imagem de algo flutuando, por exemplo, um astronauta nas proximidades da Terra.

É importante que se diga que a palavra gravidade não é uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos, apenas descreve o fenômeno da atração entre massas. Já no século XVI, Galileu Galilei (1564-1642) sabia que se utilizava a palavra 'gravidade' para descrever um fenômeno, e que essa palavra não representava uma explicação da queda [1, p. 171]. Isaac Newton (1642-1727) em seus estudos admite não ser capaz de descobrir as causas da gravidade e, ainda assim, trabalha no sentido de estabelecer o princípio da gravitação universal.

Hoje no ensino básico de física a ideia de gravidade se refere ao conceito de força ou atração gravitacional (atração entre as massas), baseadas na lei de gravitação universal elaborada por Newton no século XVII.

Diversos estudos mostram que os estudantes têm concepções errôneas a respeito da gravidade e que trazem consigo noções enraizadas de senso comum a respeito de fenômenos da natureza [2-5]. Estas pesquisas evidenciam a necessidade de se buscar alternativas que favoreçam o questionamento e a problematização de conceitos de senso comum trazidos pelos estudantes.

Em muitos casos ao questionar o

senso comum é que surgem oportunidades para a incorporação de ideias atualmente aceitas pela comunidade científica como corretas. Uma das maneiras de isso ser feito é criando situações fora do cotidiano que permitam reflexões e questionamentos acerca do conhecimento de senso comum.

Pensando nisso, uma atividade que pode auxiliar professores e licenciandos nas discussões e problematização do conceito gravidade com seus alunos é a visita à Casa Maluca (Fig. 1) do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP). Esta atividade, em espaço não formal de educação, se apresenta como um excelente recurso didático, onde é possível perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando, aparentemente, não sentimos seus efeitos. O projeto da casa nos permite questionar conceitos trazidos pelo senso comum de forma mais concreta.

Neste sentido, o texto que se segue tem o intuito de contribuir com professores, licenciandos e monitores durante visitas a atividade "Casa Maluca", indicando ações que possam favorecer a superação de algumas das ideias de senso comum que dificultam a aprendizagem do conceito gravidade. Não temos a pretensão de produzir meras receitas ou regras simplistas para serem seguidas durante as visitas. Nossos esforços centram-se no sentido de possibilitar algumas reflexões sobre as práticas desenvolvidas neste ambiente. Assim, apresentamos sugestões e algumas das possibilidades de intervenções problematizadoras que podem ser utilizadas durante as visitas.

A continuidade deste texto apresenta a síntese de uma pesquisa realizada com alunos do Ensino Médio na Casa Maluca [6] e aponta algumas das possibilidades

A palavra gravidade não é uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos, apenas descreve o fenômeno da atração entre as massas

.....

Pedro Donizete Colombo Junior

Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Ensino de Ciências,
Universidade de São Paulo, São Paulo,
SP, Brasil
Centro de Divulgação Científica e
Cultural, São Carlos, SP, Brasil
E-mail: pedro.colombo@usp.br

.....

Cibelle Celestino Silva

Instituto de Física de São Carlos,
Universidade de São Paulo, São Carlos,
SP, Brasil
E-mail: cibelle@ifsc.usp.br

.....

A Casa Maluca é parte de uma série de experimentos interativos do Jardim da Percepção localizado na área externa do CDCC/USP. Esta é uma casa com piso e paredes inclinados com ângulos de 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, 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, entre outros. Estas alterações podem ser problematizadas através de perguntas feitas aos visitantes com o objetivo de que eles tomem consciência da força gravitacional e sua dependência com o referencial adotado.



Figura 1 - A Casa Maluca do CDCC/USP (www.cdcc.sc.usp.br).

que a casa propicia para se trabalhar o conceito gravidade durante as visitas. A pesquisa teve como objetivo central entender como este espaço fisicamente alterado influencia as percepções e explicações acerca da gravidade pelos estudantes do Ensino Médio.

Para isso, adotou-se metodologia de pesquisa apoiada em observação do visitante, aplicação de questionários, gravação em áudio e vídeo e entrevistas semi-estruturadas.

Como referencial teórico principal adotou-se o conceito de *obstáculo epistemológico* proposto pelo francês Gaston Bachelard (1884-1962) [7] e considerou-se também durante as visitas e análise dos dados, a influência do “Modelo Contextual de Aprendizagem” proposto pelos ingleses Falk e Dierking [8].

A Casa Maluca e os contextos de aprendizagem

É consenso que o aprendizado não é um evento instantâneo. Sendo assim, devemos entendê-lo como um processo que demanda tempo e é diretamente influenciado por fatores extrínsecos (ambiente, materiais, adaptações) e fatores intrínsecos (memória, motivação, desenvolvimento cognitivo). Segundo Falk e Dierking todas as visitas a Centros de Ciências envolvem o que eles chamaram de “Modelo Contextual de Aprendizagem”, onde devem ser considerados os contextos sociocultural, pessoal e físico, além do fator tempo.

Aspectos da pesquisa realizada: identificando alguns obstáculos epistemológicos

Em geral as pessoas têm concepções errôneas acerca da gravidade, uma das explicações para este fato pode ser atribuída à existência de obstáculos epistemológicos que dificultam o aprendizado deste conceito. Segundo Bachelard é a superação de obstáculos epistemológicos que propicia o avanço do conhecimento.

Obstáculos epistemológicos podem ser originados de conceitos e pré-conceitos adquiridos em uma relação ingênua com os fenômenos. São de essência interna e não externa, originam-se do conhecimento não questionado, mascarando a ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico. Dentre os obstáculos epistemológicos, enfrentados ao longo do desenvolvimento do pensamento científico temos: a experiência primeira, o realismo ingênuo, o animismo, o substancialismo e o obstáculo verbal.

No decorrer das visitas à Casa Maluca, tornou-se clara a influência, em maior ou menor proporção, dos contextos de aprendizagem em todas as atividades desenvolvidas e na identificação de obstáculos epistemológicos proposta pela epistemologia bachelardiana. A seguir estão descritos sucintamente os obstáculos epistemológicos identificados em relação ao conceito gravidade durante a visita de alunos do Ensino Médio à Casa Maluca.

Enfim, o conceito gravidade não é de trivial entendimento e envolve a superação de um grande número de obstáculos epistemológicos, sendo necessário criar situações que possibilitem a problematização e discussão das ideias de senso comum

sobre o tema. Neste contexto, uma visita à Casa Maluca é um excelente recurso didático onde os estudantes têm a oportunidade de perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando aparentemente não sentimos seus efeitos.

A Casa Maluca: algumas possibilidades

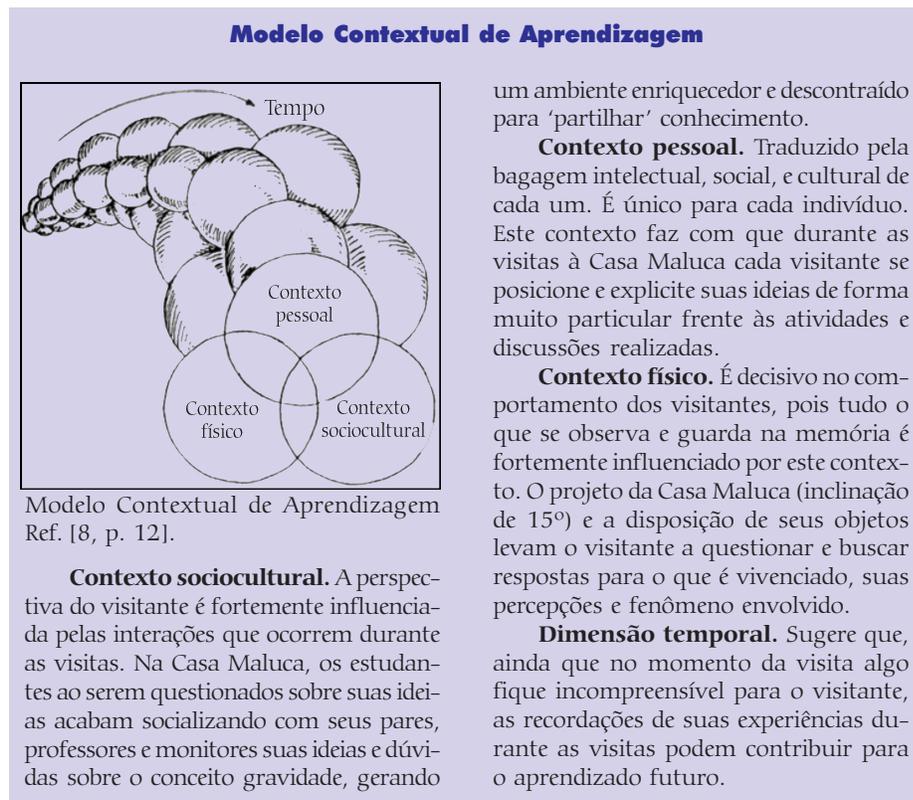
Devido às suas particularidades físicas (inclinação de 15°), antes de iniciar uma visita à Casa Maluca é importante conversar com os participantes de modo a identificar se alguém sofre de labirintite, uma doença que acomete o ouvido interno (labirinto) e pode comprometer a manutenção do equilíbrio corporal. Ao entrar na casa a nova orientação em relação ao referencial da superfície da Terra terá efeitos diferentes em cada pessoa, fato que

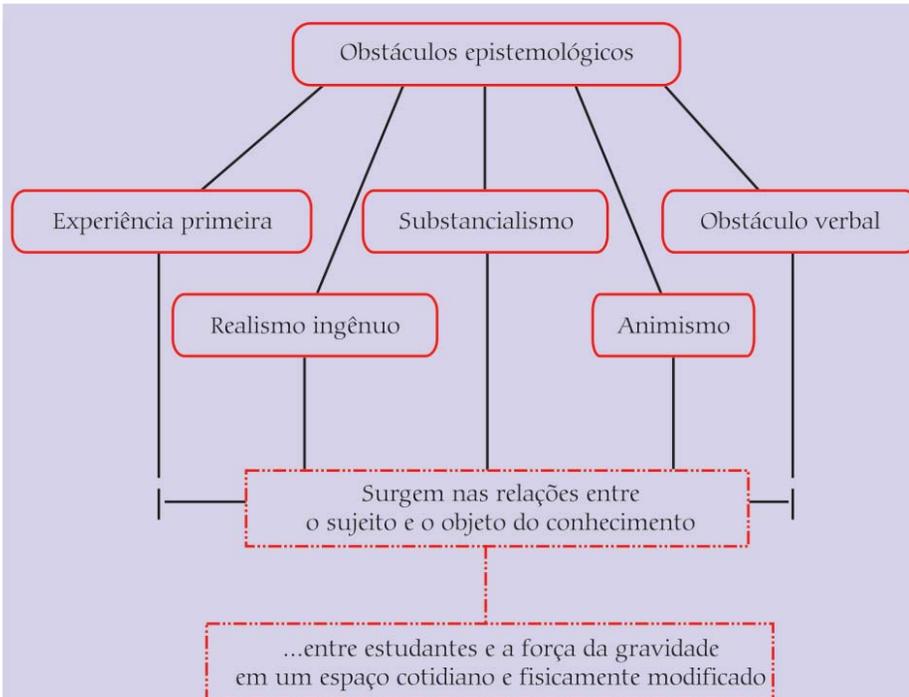
pode ocasionar em alguns casos mal estar e até mesmo náusea.

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 quase imperceptíveis para pequenas inclinações. Assim logo que se inicia a visita já se torna possível levantar algumas

Obstáculo epistemológico foi uma expressão introduzida pelo francês Bachelard em seu livro *A Formação do Espírito Científico* para caracterizar tudo aquilo que obstrui, dificulta, enfim, limita o progresso da ciência





Experiência primeira

É a experiência colocada antes e acima da crítica, o início dos obstáculos na formação do espírito científico. Interpretada como uma satisfação imediata aborda fenômenos complexos como se fossem fáceis. A satisfação imediata ao invés de trazer benefícios pode ser um obstáculo para a cultura científica, uma vez que acaba por substituir “o conhecimento pela admiração”.

Para muitos alunos a Terra é entendida como possuidora da gravidade, assim a Terra atrai os objetos, mas o contrário não faz sentido. Tal interpretação apesar de ‘facilitar’ momentaneamente o entendimento do conceito acaba por dificultar o aprendizado da terceira lei de Newton (ação e reação) e bloqueia o interesse pelo estudo mais aprofundado sobre a gravidade. Também é comum os alunos explicitarem a ideia de que a gravidade atua de forma diferente em diferentes pontos da casa e também fora dela.

Substancialismo

No substancialismo é marcante o

acúmulo de vários adjetivos para um mesmo substantivo, como afirma Bachelard (1996), este é um sintoma claro de sua sedução. O obstáculo substancialista também leva à atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância ou relaciona uma substância a qualidades diversas.

Muitos estudantes atribuem à atmosfera uma qualidade “pressionadora, fixadora...” dos corpos na Terra. Para alguns alunos a gravidade carrega vários adjetivos (forte, rápida e intensa). A sedução do obstáculo substancialista, com a atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância, leva o aluno a associar e explicar erroneamente diversas situações correlatas, por exemplo, a atuação da gravidade nas diversas atividades realizadas durante a visita à Casa Maluca.

Obstáculo verbal

Pode ser entendido como sendo uma falsa explicação obtida a custo de uma única palavra explicativa (*palavra obstáculo*). Assim, por meio de uma única palavra exprime os mais variados fenômenos

na falsa convicção de que os explica. Esta falsa convicção de explicação torna-se clara, por exemplo, quando da explicação da queda dos corpos pela palavra gravidade.

Em geral os alunos concebem a gravidade como detentora da explicação para a queda dos corpos. Este fato acaba por dificultar análises mais aprofundadas sobre o tema, por exemplo, a atração mútua entre os corpos.

Realismo ingênuo

Intimamente ligado à experiência primeira, o realismo pode ser considerado a única filosofia inata [7]. Encontra-se impregnado no inconsciente e é diretamente associado à noção do real. Traz como principal característica a conversão, sem maiores questionamentos, do real imediato em certeza absoluta de verdade.

Muitos alunos durante a visita à Casa Maluca enunciam a ideia de que um objeto não estando em contato com o solo não está sob a ação da força gravitacional, assim inferem que um astronauta nas proximidades da Terra não está sob ação da gravidade. Talvez fosse possível considerar a gravidade para muitos alunos como algo subjetivo, partindo diretamente das observações particulares e imediatas, onde se transpõe valores inconscientes para o mundo objetivo.

Animismo

Entendido como resultante da aplicação de características de seres vivos aos mais variados fenômenos. O fato de que atribuir vida daria maior relevância a um determinado fenômeno ou objeto também se enquadra na designação animista.

São inúmeras as colocações animistas em ciências: na repulsão elétrica fala-se em “um não gostar do outro” e no caso da gravidade é comum dizer que a Terra “segura e puxa para baixo”. A gravidade entendida como algo que realmente “puxa, empurra e segura para baixo” é bastante corriqueiro nas falas dos alunos. A gravidade é compreendida como se possuísse realmente características de seres animados.

questões problematizadoras que podem fomentar discussões futuras com os alunos, por exemplo: *A que se deve a dificuldade em andar rapidamente pela casa e ao mesmo tempo se ‘equilibrar’? O que tem de diferente na casa em relação ao ambiente externo?* Neste contexto, cria-se não apenas uma expectativa quanto à visita, mas

também a oportunidade do professor iniciar as discussões a respeito da constante atuação da gravidade e de seu caráter vetorial.

São inúmeras as atividades que podem ser realizadas na Casa Maluca com o intuito de possibilitar a problematização e o questionamento das ideias de senso

comum trazidas pelos visitantes em relação ao conceito gravidade e a superação de obstáculos epistemológicos envolvidos neste processo. A seguir, considerando os objetos presentes na casa e tendo como base a pesquisa realizada, apresentamos algumas destas atividades e possibilidades que podem auxiliar professores, licencian-

dos e monitores durante a realização das visitas.

Atividade: Segurando o taco de sinuca



É bastante comum durante as visitas à Casa Maluca e discussões, os alunos afirmarem que um objeto não estando em contato com o solo não sofre ação da força gravitacional. No interior da casa é possível problematizar tais ideias a partir de uma atividade muito simples: segurando o taco de sinuca.

Para realizar esta atividade, se segura um taco de sinuca em suas extremidades de modo que ele fique perpendicular ao plano da casa, então se solta a extremidade inferior do taco e este naturalmente não se alinha perpendicularmente ao piso da casa, mas sim com o piso externo à casa.

Na realidade ocorre que, ao segurar o taco perpendicularmente ao piso da casa este se posiciona com um ângulo de 15° em relação ao piso externo, assim no momento em que se solta sua extremidade inferior, o taco é direcionado para o centro da Terra devido à atração entre as massas envolvidas (fenômeno gravidade).

Com a realização desta atividade pode-se problematizar as ideias dos alunos sobre o conceito gravidade a partir de indagações do tipo: *O que está atuando sobre o taco? Por que ao soltar a extremidade inferior do taco este se inclina em relação ao piso da casa? Sobre o fenômeno envolvido, este atua também em um astronauta nas proximidades da Terra? O que difere? E em um avião em voo?* Cria-se também com esta atividade a possibilidade de discutir com os alunos o caráter vetorial da gravidade.

Atividade: Levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos

Nesta atividade é pedido para que o visitante tente levantar de uma cadeira sem utilizar as mãos e sem encostar os pés na cadeira. O objetivo é fazer com que perceba a decomposição da força peso e explicita



suas ideias daquilo que estão vivenciando.

Uma vez dentro da casa o visitante fica inclinado 15° em relação à orientação da força gravitacional da Terra, o que causa uma sensação de desequilíbrio inicial e a presença de componentes da força gravitacional que normalmente não aparecem quando estamos na vertical. Assim, ao sentar na cadeira, o visitante sentirá dificuldades em se levantar devido à decomposição da força peso em P_x e P_y .

Em geral os alunos não citam ou relacionam a decomposição da força peso à dificuldade em se levantar da cadeira sem o auxílio das mãos. Comumente atribuem à dificuldade a uma força pressionadora, uma pressão do ar. Também para muitos a gravidade por si só é causa e explicação para a dificuldade em levantar da cadeira.

Nesta atividade há também uma grande oportunidade de discutir com os alunos o caráter vetorial da gravidade e sua dependência com o referencial adotado. Assim, indagações do tipo: *A que se deve esta dificuldade para levantar-se da cadeira? Fora da Casa Maluca é diferente? Por quê? Qual a relação desta atividade com a atividade do taco de sinuca?* podem auxiliar o professor nas discussões sobre o conceito gravidade e seu caráter vetorial.

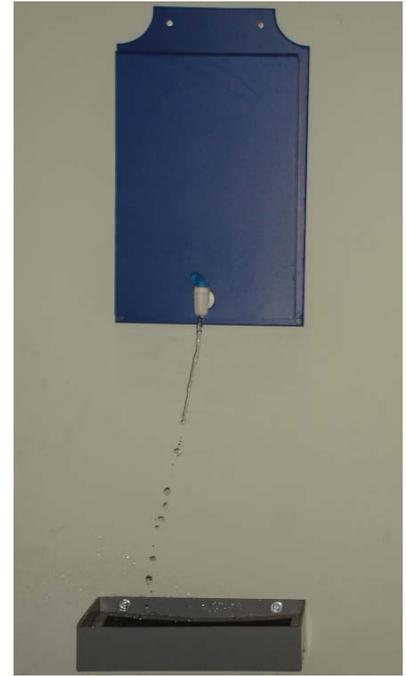
Esta simples atividade, que passaria despercebida se desenvolvida em um ambiente aberto, devido ao contexto em que está inserida e as provocações resultantes de sua realização, se torna uma sensação para os alunos.

Atividade: Inclinação do prumo de um filete d'água

Ao abrir uma torneira colocada numa das paredes da casa Maluca, nota-se a inclinação do prumo de um filete d'água.

A imagem do filete d'água caindo com inclinação desperta o interesse dos alunos e ao mesmo tempo revela uma mistura de sentimentos de dúvida e admiração pelo que está sendo observado.

Muitos alunos relacionam erroneamente a queda do filete d'água com empuxo. Em alguns casos extrapolam e afirmam ainda que um peixe em um aquário ou no fundo do mar, não está sob a ação da gravidade, atuando sobre ele apenas o empuxo.



O interessante nesta atividade é que, diferentemente das supracitadas, o objeto em questão é líquido (um filete d'água). Assim, durante a realização desta atividade cria-se a oportunidade do professor discutir com os alunos a atuação da gravidade em diferentes situações, por exemplo, na bica d'água. Questões como: *Em que esta atividade difere das demais? O que atua sobre a água da torneira para que ela caia inclinada? Como seria esta atividade fora da Casa?* podem auxiliar o professor nesta tarefa.

O professor tem também a oportunidade de iniciar uma discussão (que pode continuar após a visita ou em sala de aula) sobre questões mais abrangentes, por exemplo: a relação Sol-Terra-Lua e as marés. Enfim, esta atividade possibilita trabalhar com os estudantes de modo que os levem a perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, sobre todos os objetos e em todos os lugares.

Atividade: Bola que "sobe" um plano inclinado

Esta atividade leva o visitante a se questionar porque a bolinha vai para o lado contrário ao que era esperado, ou seja, a princípio espera-se que a bolinha ao ser colocada na mesa role (com base na figura) para o lado direito da mesa, porém, a mesa por não compensar a inclinação de 15° da casa faz com que a bolinha role para o outro lado, parecendo subir a mesa.

Alguns alunos durante esta atividade afirmavam que a bolinha subia a mesa devido à presença de um ímã, situado na parede da casa, que a *puxava* para lá. Talvez esta ideia enunciada por alguns alunos esconda a ideia errônea da gravidade



intermediada por forças magnéticas, ou seja, devido a um *truque*.

Acreditamos que para um melhor entendimento das ideias dos alunos, talvez fosse interessante analisar o que eles entendem por força magnética. Assim seria possível entender melhor a associação que fazem entre os fenômenos magnéticos e gravitação. Esta atividade pode também possibilitar ao professor trabalhar com os alunos a questão de referencial adotado, visto que a disposição da mesa na casa ilude nossos sentidos.

Extrapolando, a partir das ideias apresentadas pelos alunos nesta atividade, também é possível que o professor problematize ideias de senso comum que trazem o fenômeno gravidade intermediado por alguma coisa que facilite sua ocorrência.

Atividade: Saindo da casa e visualizando a imagem com 15° de inclinação

Na saída da Casa Maluca é possível realizar uma última experiência com os visitantes com o intuito de perceberem a influência do contexto físico (fisicamente modificado) na percepção de alguns fenômenos da natureza, neste caso a gravidade. É importante frisar que vários objetos da casa têm a função de “iludir” a visão do visitante, parecendo estar na horizontal.

Nesta atividade o visitante deve caminhar rapidamente em direção à saída (ao lado do espelho) e no instante em que sair da casa, expressar o que está vivenciando (a percepção da gravidade em diferentes ambientes, fechado e cotidiano).

A atividade possibilita ir um pouco mais além e fazer uma abordagem interdisciplinar, por exemplo, fundamentada na neurobiologia.

Assim, é possível abordar questões do tipo: *Por que temos a sensação de desconforto visual quando adentramos a casa e olhamos*



a imagem no espelho? Qual a relação entre o que vemos e o que sentimos quando entramos na casa? Ao sair da casa (ainda estando em um plano inclinado) por que, apesar de continuar a sentir seus efeitos, temos a impressão de que a gravidade não está mais atuando? Neste contexto, cria-se também a oportunidade de, a partir do ambiente da Casa Maluca, iniciar uma discussão baseada em nossas percepções e sentidos, por exemplo: as estrelas que vemos no céu à noite, a transformação de vibrações em sons e ruídos, e as reações químicas em cheiros e gostos específicos.

Conclusão

Em geral a visita à Casa Maluca possibilita trabalhar com os alunos diversas questões, como: a decomposição da força peso, a física do plano inclinado, referencial adotado, relações de ângulos da matemática, percepção, etc. As dinâmicas desenvolvidas durante as visitas à Casa Maluca buscam favorecer

a interação entre os visitantes, sendo que comumente os visitantes se sentem motivados a perguntar e explicitar suas ideias e dúvidas. Reiteramos a importância de considerar os contextos de aprendizagem

(pessoal, sociocultural e físico) durante as visitas dos alunos à Casa Maluca. A especificidade física da atividade cria um cenário propício para as discussões sobre o conceito gravidade. Assim, considerar as ideias trazidas pelos alunos (a bagagem que cada um traz para a visita) e as interações que ocorrem na casa (falas, gestos e atitudes dos alunos) enaltece e enriquece muito o cenário das discussões.

Também se faz muito importante durante a visita atentar para o papel do erro, para as ideias de senso comum no ensino

de ciências, em especial sobre fenômenos naturais. Ao considerar que o erro é o que ainda não se aprendeu, ele certamente será muito mais valorizado, fecundo e positivo para a problematização dos conceitos, das ideias de senso comum e para o processo de construção do conhecimento.

Enfim, recomendamos aos professores que realizem periodicamente visitas a centros de ciências com seus alunos, de modo que as atividades desenvolvidas nestes espaços auxiliem, fomentem e complementem a educação formal. Centros de ciências são espaços educativos que possibilitam a ampliação e a melhoria do conhecimento científico de estudantes e da população em geral. Assim, defendemos que a educação não formal deve ser vista não como concorrente, mas como parceira da educação formal. Ainda que no momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, as recordações de suas experiências durante as visitas podem contribuir para o aprendizado futuro. Acreditamos que a visita à Casa Maluca pode contribuir com o processo de construção de conhecimento em sala de aula na medida em que as recordações e experiências vividas durante as visitas são chamarizes para discussões mais aprofundadas.

Agradecimento

Este trabalho contou com o apoio da FAPESP. Agradecemos a toda equipe do CDCC/USP pela colaboração na realização deste trabalho de pesquisa.

Referências

- [1] R.A. Martins, in *Estudos de História e Filosofia das Ciências*, editado por C.C. Silva (Livraria da Física, São Paulo, 2006).
- [2] J. Nussbaum and D. Novick, *Science Education* **63**, 83 (1979).
- [3] M. Watts and A. Zylbersztajn, *Physics Education* **16**, 360 (1981).
- [4] C. Kavanagh and C. Sneider, *The Astronomy Education Review* **5**(2), 21 (2007).
- [5] R. Nardi e A.M.P. Carvalho, *Investigações em Ensino de Ciências* **1**, 132 (1996).
- [6] P.D. Colombo-Júnior, *A Percepção da Gravidade em um Espaço Fisicamente Modificado: Uma Análise à Luz de Gaston Bachelard*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2010.
- [7] G. Bachelard, *A Formação do Espírito Científico: Contribuições para uma Psicanálise do Conhecimento* (Contraponto, Rio de Janeiro, 1996), 316 p.
- [8] J.H. Falk and L.D. Dierking, *Learning from Museums. Visitor Experiences and the Making of Meaning* (Altamira Press, Lanham, 2000), 288 p.