

**ENSINO DE FÍSICA E DEFICIÊNCIA VISUAL:
ATIVIDADES QUE ABORDAM O CONCEITO DE ACELERAÇÃO DA
GRAVIDADE¹**

**(Physics teaching and visual deficiency: learning activities about the concept of
acceleration of gravity)**

Eder Pires de Camargo [camargoep@dfq.feis.unesp.br]

Departamento de Física e Química da Faculdade de Engenharia
Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de Ilha Solteira –SP
Avenida Brasil N° 56, CEP 15385000, Ilha Solteira – SP.

Dirceu da Silva [dirceu@unicamp.br]

Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
Rua Bertrand Russel, 801 Cidade Universitária “Zeferino Vaz”
CEP: 13083-970 - Campinas - SP

Jomar de Barros Filho [jomarbarrosf@bol.com.br]

Universidade São Marcos, Campus Paulínia
Rodovia José Lozano de Araújo, Km 2, s/n - Paulínia - São Paulo

Resumo

Apresentamos a análise de duas atividades de ensino de física elaboradas e aplicadas a um grupo de alunos com deficiência visual. O conteúdo das referidas atividades abordou o conceito de aceleração da gravidade. Na primeira atividade, trabalhou-se o conceito gravitacional por meio do movimento de um objeto em um plano inclinado, e na segunda, por meio do movimento de queda de um disco metálico dentro de um tubo. Tanto o plano inclinado quanto o disco forneciam referenciais observacionais auditivos. A estrutura prática das atividades fundamentou-se na observação auditiva do fenômeno gravitacional, discussões em pequenos grupos e debate geral sobre as conclusões obtidas. A análise dos dados apoiou-se em uma categoria denominada “compreensão”, categoria esta que procurou explicitar em relação aos significados trabalhados as seguintes atitudes dos alunos: compartilhou, defendeu, questionou e reformulou significados. Concluiu-se que as atividades foram capazes de motivar os alunos e proporcionar-lhes condições para: (1) Realizar experimentos sobre a aceleração da gravidade; (2) observar por meio do referencial auditivo o movimento de queda de um disco; (3) coletar e analisar dados relacionados à variação de velocidade; e (4) expor, compartilhar, questionar e reformular hipóteses e propriedades físicas durante as discussões estabelecidas.

Palavras-chave: Ensino de física; deficiência visual; inclusão; aceleração; gravidade.

Abstract

In this paper we present the analysis of two physics teaching activities that were developed for and applied in a group of visually impaired students. The content of the activities was focused on the concept of gravitational acceleration. In the first activity the concept was explored by means of the movement of an object in an inclined plane; in the second, it was explored through the movement of a metallic disk inside a tube. Both experimental setting emitted audible signals. In this sense, all the “observational” practice were based in the audible perception of the gravitational phenomena, which permitted discussion among the students, in small groups, and a debate aiming at a general conclusion.

¹ Apoio: FAPESP

The analysis of the data was based in a category labeled “comprehension”, which illuminated some attitudes of the students throughout the experiments such as: the sharing of ideas, the defense and arguing of meanings, and the reconstruction of meanings. As conclusions we can say that the activities were valuable for motivating the students and for giving to them some background for: (1) performing experiments; (2) observing a phenomena through an audible via; (3) collecting and analyzing data related to the variation of speed; (4) sharing, arguing and reformulating hypothesis during the discussions.

Keywords: Physics teaching; visual deficiency; inclusion; acceleration; gravity

Introdução

É compreensível que estudantes com deficiência visual apresentem dificuldades com os procedimentos metodológicos do ensino de Física, visto que os mesmos, em boa parte fundamentam-se em referenciais funcionais visuais (Camargo e Silva, 2003 a). Apesar dos outros sentidos serem importantes para os indivíduos (Camargo et. al. 2001), o sentido visão parece ser pré-requisito para toda e qualquer atividade que se realize no ambiente escolar. Anotações no caderno, a utilização da lousa para a realização de tarefas como transcrição de textos ou explicações de exercícios, provas escritas, medições, entre outras, sentenciam o aluno com deficiência visual ao fracasso escolar e à não socialização (Mantoan, 2002).

Fatos como estes corroboram com a análise da bibliografia especializada sobre a educação da pessoa com deficiência visual, análise esta que mostrou que procedimentos de ensino para esses alunos são definidos a partir de padrões adotados para os videntes (Masini, 2002). Como o “conhecer” esperado na educação do Deficiente Visual tem como pressuposto o “ver” (Camargo e Silva 2004 a), não são levados em conta por professores de Física as diferenças de percepção entre o Deficiente Visual e o Vidente, e este fato, colabora com a perpetuação de uma prática de ensino de Física para alunos com deficiência visual descontextualizada e mecânica.

Não é difícil notar tal fato se uma breve análise das práticas educacionais, da estrutura curricular e escolar, dos livros didáticos, das formas de avaliação, do número de pesquisas destinado a tal tema, das grades curriculares dos cursos de formação de professores de Física, for feita (Camargo e Silva 2003 b).

Na perspectiva descrita, que tipo de atitude pode ser adotada a fim de construir uma prática de ensino de Física que contemple as necessidades educacionais dos alunos com deficiência visual? Supões-se que a resposta a tal questionamento encontre-se no rompimento de atitudes e hábitos estabelecidos pelos educadores dentro das práticas tradicionais de ensino, e que se constituíram em modelos para a elaboração e a condução de atividades de ensino de Física (Camargo e Silva, 2003 a).

Assim, no presente artigo, serão apresentadas duas atividades que por meio de questões abertas (Sánchez et. al., 1995), textos falados e equipamentos de referencial observacional tátil e auditivo, abordam o conceito de aceleração da gravidade. Será apresentada também uma análise da aplicação dessas atividades a um grupo de alunos com deficiência visual. Entende-se, entretanto, que as atividades e os materiais aqui expostos, não fornecem “fórmulas prontas” ao que se refere à generalização de tal prática, pois são os contextos de sala de aula que indicarão aos seus participantes o “caminho a seguir” (Mantoan, 2002).

Alunos participantes das atividades

As atividades apresentadas são respectivamente a terceira e quarta de um conjunto de cinco atividades elaboradas para o ensino do conceito “aceleração” para alunos cegos ou com baixa visão (Camargo 2005). Por motivos organizacionais, tais atividades no presente artigo serão denominadas de: atividade (a) e atividade (b).

O conjunto de cinco atividades constituiu-se em um curso aplicado a um grupo de nove alunos com deficiência visual frequentadores da instituição “Lar Escola Santa Luzia para Cegos” localizada na cidade de Bauru (Estado de São Paulo). Dos nove alunos, cinco participaram da atividade (a) e sete da atividade (b). A formação escolar dos discentes variava de ensino fundamental incompleto, até ensino médio completo, passando por ensino fundamental completo e ensino médio incompleto. A idade dos alunos não era menor que 16 anos e nem maior que 35 anos. Na seqüência abordam-se alguns aspectos metodológicos do trabalho aqui exposto.

Metodologia

O presente trabalho caracteriza-se como uma investigação qualitativa orientada por um caráter quase-experimental, pois, analisa os efeitos produzidos pela aplicação de duas atividades de ensino de Física em um grupo de alunos com deficiência visual não distribuídos aleatoriamente em diferentes condições (Selltiz et. al. 1987). Pelo fato dos quase-experimentos considerarem processos de seleção que naturalmente ocorrem em ambientes sociais “eles possibilitam o estudo dos efeitos que tratamentos possuem sobre aquele segmento da população que também é o mais provável de escolher ou ser escolhido para o tratamento” (Selltiz et al. op. cit. p. 46).

Por outro lado, a qualidade do retorno fornecido pelos alunos devido ao processo que constituiu a aplicação das atividades configura o aspecto mais importante dos dados coletados (Ludke e André, 1986 e Morales e Moreno 1993). Como as informações acerca do fenômeno educacional observado surgiram em um contexto dinâmico de relações, o registro das mesmas por meio de gravações sonoras e visuais e anotações feitas pelo pesquisador revelou o caráter descritivo dos dados, mostrando-se muito útil para a análise dos mesmos. Acerca da realização prática das atividades cabem os seguintes comentários iniciais.

A realização da atividade (a) levou um tempo aproximado de 60 min e seu desenvolvimento prático fundamentou-se em quatro momentos: (1) Momento de experimentação (10 min); (2) Momento de discussão de problemas (20 min); (3) Momento de exposição de modelos (15 min); (4) Momento de avaliação (15 min).

O desenvolvimento prático da atividade (b) fundamentou-se em três momentos, a saber: (1) Momento de conhecimento do artefato (a-1), de observação e de tomada de dados acerca do fenômeno “queda dos objetos” (20 min); (2) Momento de análises qualitativas e quantitativas do fenômeno estudado (20 min); (3) Momento de generalizações conclusões e avaliação (20 min). Ressalta-se que as atividades foram aplicadas no terceiro e quarto dias do curso anteriormente mencionado. Um fato estrutural que diferencia a atividade (b) da atividade (a) é o de não possuir problema central. Em outras palavras, a atividade (b) possui algumas tarefas a serem realizadas pelos alunos como o cálculo de velocidade e de aceleração. Por este motivo, durante o primeiro momento dessa atividade os alunos não tinham por objetivo buscar soluções a um determinado problema, e sim o de realizar observações e de

coletar dados para análises futuras. Na sequência será apresentado o modelo pedagógico utilizado para a elaboração e aplicação das atividades, bem como, a categoria de análise.

Modelo pedagógico para a elaboração e condução das atividades e categoria de análise

A elaboração das atividades fundamentou-se em três componentes práticos: tarefas, grupos e debates (Wheatley, 1991). Essas atividades possuem três elementos de estrutura associados aos mencionados componentes: Interação com o objeto de estudo, Resolução de problemas e Confronto de modelos (Peres et. al. 1999). Tanto os componentes práticos, quanto os elementos de estrutura, objetivam proporcionar ao discente com deficiência visual: condições para observar o fenômeno estudado, condições para elaborar estratégias e hipóteses para a resolução dos problemas propostos, e condições para confrontar as hipóteses elaboradas ao corpo de conhecimento que se dispõe.

Como mencionado anteriormente, foi elaborado um conjunto de cinco atividades de ensino do conceito “aceleração”, conjunto este que constituiu-se em um curso aplicado a um grupo de alunos com deficiência visual. O curso abordou a aceleração e a desaceleração de um objeto tendo como pano de fundo dois fatores causadores do referido fenômeno, o atrito e a gravidade. No presente artigo, apresentam-se as duas atividades que enfocam a influência da gravidade para a aceleração de um objeto.

As atividades

Atividade (a): O estudo qualitativo da aceleração por meio de um plano inclinado

- Problema central da atividade (a):

Explique a variação do intervalo de tempo dos sinais emitidos pela sirene durante a subida e durante a descida do carrinho no plano inclinado.

- Objetivo:

A construção do conceito de aceleração da gravidade por meio da observação auditiva da variação da velocidade de um carrinho que se move sobre um plano inclinado.

- Materiais a serem utilizados:

a) Carrinho com rodinhas. Aqui se adaptou um carrinho de brinquedo que imita um carro de bombeiros, de tal forma que o circuito elétrico constituído pela sirene do carrinho e as baterias, fica aberto com os fios de ligação expostos do lado de fora desse objeto móvel. Dessa forma, durante a descida do plano inclinado, a sirene do carrinho emitirá um som quando os fios de ligação tocarem a parte condutora do referido plano (papel alumínio), e deixará de emitir som quando os fios condutores tocarem sua parte isolante (madeira).

Foto (1): Carrinho adaptado



- b) Superfície de madeira de 2,0m de comprimento por 15 cm de largura.
- c) Fitas de papel alumínio de aproximadamente 15 cm de comprimento por 1 cm de largura.
- d) Sirene do carrinho.
- e) Alguns ímãs.
- f) Objetos que sejam sensíveis à atração magnética.

Obs. Os materiais dos itens (e) e (f) constituem o kit (a-1).

- Montagem do artefato (a-1): plano inclinado com interface sonora

Neste artefato, a superfície do plano inclinado deve variar espaços condutores (fitas de papel alumínio), e espaços isolantes (madeira). A dimensão dos espaços deve ser a mesma, ou seja, 19 cm de superfície isolante seguido de 1 cm de superfície condutora.

Foto (2): Plano Inclinado



De acordo com as medidas dispostas, haverá aproximadamente 10 espaços isolantes e 10 espaços condutores. Um carrinho, trazendo uma sirene conectada a um circuito aberto contendo dois fios condutores e duas baterias de 1,5V deve mover-se sobre o plano inclinado. As duas pontas dos fios condutores devem estar do lado de fora do carrinho, em contato com o plano inclinado (ver foto-1). Dessa forma, quando os fios estiverem em contato com a parte

condutora do plano inclinado, o circuito se fechará e a sirene emitirá um som, e quando os fios tocarem a parte isolante do plano inclinado, o circuito se abrirá e o som não será emitido.

- Procedimentos:

i. Interação e observação do fenômeno

a) Com um impulso dado pelas mãos, fazer com que o carrinho suba o plano inclinado. O aluno poderá observar auditivamente a diminuição da velocidade do carrinho por meio do aumento do intervalo de tempo entre dois sinais consecutivos da sirene.

b) Deixar o carrinho descer o plano inclinado. O aluno poderá observar auditivamente o aumento da velocidade do carrinho por meio da diminuição do intervalo de tempo entre dois sinais consecutivos da sirene.

c) Com o apoio de blocos de madeira, o ângulo do plano inclinado poderá ser variado e dessa forma, o aluno poderá fazer outras comparações entre os intervalos de tempo de emissão do som da sirene e a variação da velocidade do carrinho.

ii. Trabalhando em grupo

Em grupo, solicitar aos alunos para que discutam e apresentem suas explicações para a variação do intervalo de tempo dos sinais emitidos pela sirene. Cada grupo deverá chegar a uma conclusão sobre o fenômeno observado.

iii. O debate

Proporcionar um debate entre os grupos para que os mesmos possam apresentar suas conclusões sobre o fenômeno observado. Durante este debate, o professor poderá apresentar os argumentos científicos sobre o tema em questão, representando dessa forma mais um grupo participante da discussão.

iv. Mediação do professor

1) Trabalhar com os conceitos de aceleração e desaceleração por meio das relações entre as observações sonoras feitas pelos alunos e as variações da velocidade do carrinho.

2) Questionar o porquê da variação do som observado.

3) Apresentar o conceito de gravidade utilizando-se de comparações com outro tipo de ação à distância como a magnética. Dispor aos alunos para observação tátil, ímãs e materiais que por ele são atraídos (kit (a-1)).

4) Apresentar aos alunos, a gravação do texto “Gravidade”. Se o professor não dispor da gravação do texto, poderá lê-lo aos alunos.

Texto: Gravidade

Você é capaz de imaginar como seria viver sem peso? O que aconteceria se a gravidade deixasse de existir?

Se isto ocorresse, não haveria justificativa para que tudo aquilo que se encontra apoiado sobre a superfície da Terra permanecesse assim: nós, os automóveis, a água dos oceanos, a atmosfera, vagariamos pelo espaço.

E se a gravidade não desaparecesse, mas fosse apenas muito pequena, que alterações ocorreriam na nossa forma de viver?

Andar por exemplo, seria bem diferente, pois o tempo necessário para erguer o pé e fazê-lo retornar ao solo seria bem maior. Além disso, o atrito entre o pé e o chão seria menor, o que dificultaria nossos movimentos. Escutar os sons também seria diferente, porque em um lugar de pequena gravidade, não há atmosfera, e o som

precisa de meio material para se propagar. Portanto, as ondas sonoras utilizariam como meio o nosso próprio corpo e o solo.

Estamos tão acostumados à gravidade terrestre que esquecemos como ela influencia nossa forma de viver. Podemos pensar numa situação aqui na Terra, nada agradável, mas equivalente a uma situação de "ausência de peso". Imagine-se dentro de um elevador, cujo cabo se rompe e o sistema de segurança não funciona. O elevador despenca. O que ocorreria com o peso dos passageiros? O elevador cai devido à gravidade, as pessoas perdem contato com o piso, "flutuam" e têm a sensação de "ausência de peso". Todos caem simultaneamente e não há como medir o peso das pessoas ou dos objetos dentro do elevador. Quando uma balança cai em queda livre, é impossível medir o peso de qualquer objeto que se coloque sobre ela, porque ele não pressiona a balança. Embora exista o peso do objeto, a balança não consegue medi-lo. Dessa forma, só não haveria peso se existisse um local onde não houvesse gravidade.

As situações em que há uma aparente "ausência de peso" chamam-se estado de imponderabilidade. Se uma pessoa estiver em estado de imponderabilidade, poderá facilmente carregar um caminhão. Em compensação, registrar anotações não é nada fácil, uma vez que ocorre também ausência de contato para apoio e, portanto, de atrito. Tente imaginar como seria difícil abrir a gaveta de um armário sem apoio e sem atrito.

Fisiologicamente, algumas alterações também ocorrem no estado de imponderabilidade. Fica mais fácil ao coração bombear o sangue para todas as regiões do corpo; a pressão para baixo, sobre a coluna vertical, deixa de existir. Aliás, o "para cima" e o "para baixo" perdem completamente o significado, pois também deixa de existir uma direção privilegiada (Adaptado de Gonçalves e Toscano, 1997).

v. Avaliação

Responda: Por que os objetos caem?

Atividade (b): Queda dos objetos

- Objetivos

Tendo em vista a construção do conceito de aceleração da gravidade, viabilizar ao aluno com deficiência visual a observação auditiva e tátil da queda de um objeto, bem como, a análise quantitativa desse movimento por meio do cálculo da velocidade média e da aceleração.

- Materiais a serem utilizados

- a) Tubo de PVC de 1,8m de altura com 102 mm de diâmetro interno.
- b) Sensores magnéticos para alarme.
- c) Um disco metálico e um ímã.
- d) Chapa dobrada.
- e) Bobina, oscilador e potenciômetro.
- f) Rolo de fita de papel para marcador de tempo.

Obs.: Utilizou-se um pedaço de fita de papel de aproximadamente 2m de comprimento com marcações em alto relevo de 1 cm. Essas marcações, feitas ao longo de toda fita, têm por objetivo, proporcionar ao aluno com deficiência visual as condições para que o mesmo obtenha as distâncias entre os pontos marcados na fita de papel pelo marcador de tempo. Um outro aspecto a ser ressaltado, refere-se à utilização da fita de papel solta e não em forma de rolo. A disposição da fita de papel da maneira citada se mostrou mais eficaz, já que, a utilização da mesma na forma de um rolo, fazia com que durante a queda do objeto, o papel se rompesse, coisa que não ocorreu com a fita solta.

g) Um fio de nylon de aproximadamente 3m de comprimento.

Obs.: Esse fio tem por objetivo retirar o disco de dentro do tubo após a queda do mesmo. Além disso, ele pode ser utilizado para controlar com as mãos a velocidade de queda do disco, e para proporcionar uma percepção tátil da atração gravitacional.

- Montagem do artefato (b-1): Interface sonora para queda dos objetos

Para a realização da atividade (b), desenvolveu-se um equipamento que permite ao aluno com deficiência visual a observação auditiva do fenômeno da queda de um objeto. Trata-se de um tubo de PVC de 1,8m de altura com 102 mm de diâmetro interno. O referido tubo foi perfurado a cada 15 cm, e nesses furos, foram colocados sensores magnéticos para alarme. Quando abandonado da extremidade do tubo, um disco desliza dentro do mesmo com um ímã e ao passar pelos sensores o ímã ativa o alarme. No topo do tubo, foi colocada uma chapa dobrada por onde o papel (fita para marcador de tempo) é alimentado e preso ao disco. No topo da estrutura fica a bobina com um oscilador e um potenciômetro que permitem ajustar a frequência mais adequada de impacto para a agulha que perfura o papel enquanto o disco cai dentro do tubo.

Foto (3): Artefato (b-1)



Com este equipamento um aluno com deficiência visual pode observar auditivamente a queda do objeto dentro do tubo, bem como, fazer análises quantitativas do movimento de queda.

- Procedimentos

Separar os alunos em grupos de no máximo três membros. Cada grupo deverá realizar o experimento de deixar cair o objeto dentro do tubo, observando auditivamente a queda do mesmo. Aqui existe um espaço para o professor intervir com explicações acerca do fenômeno observado. Depois, os grupos com a posse da fita de papel poderão seguir os passos descritos abaixo.

1) Escolher a unidade de tempo. Escolhida a unidade de tempo, 5 tiques por exemplo, os grupos deverão numerar a fita de papel com intervalos inteiros de unidade de tempo. Para tanto, o professor ou um colega vidente deverá reforçar com a ajuda de um instrumento pontiagudo, as marcas escolhidas e deixadas na fita de papel pelo marcador de tempo. Aqui existe uma outra oportunidade de intervenção por parte do professor, já que, os alunos estarão observando por meio do tato as marcas deixadas no papel pelo marcador de tempo.

Obs.: Denominou-se a unidade de tempo “cinco tiques” de “décimo” para efeitos de nomenclatura, já que se julgou inconveniente para o aluno expressar escrita ou oralmente um valor de velocidade em função da unidade de tempo “cinco tiques” (exemplo: 10cm por cinco tiques, ficaria 10cm por décimo) Entretanto, a unidade de tempo “décimo” não representa a décima parte do segundo, ela é uma unidade de tempo arbitrária.

2) Solicitar aos alunos para que com o auxílio das marcas de 1cm em relevo meçam o comprimento de cada intervalo numerado na fita de papel. Os valores poderão ser anotados em Braille. Intervenção do professor: Esses comprimentos são iguais? Por quê? A diferença entre cada intervalo consecutivo é constante? Qual é o significado físico desses comprimentos? As velocidades em cada intervalo têm o mesmo valor? Por quê?

3) Calcular a variação da velocidade, subtraindo o valor da velocidade média num intervalo de tempo, pelo valor da velocidade média no intervalo anterior. Repetir este procedimento em vários intervalos e comparar os resultados. (intervenção do professor) A variação da velocidade foi constante?

4) Calcular a aceleração em cada intervalo, dividindo a variação da velocidade pelo intervalo de tempo correspondente a essa variação (cinco tiques o que se denominou “décimo”).

- Avaliação

Resposta: Como seriam as marcas deixadas por um vibrador em uma fita de papel presa a um objeto que se move com velocidade constante?

Obs: O texto “gravidade”, bem como, o problema inicial da atividade (a) e as questões avaliativas das atividades (a) e (b) foram gravados e apresentados aos alunos por meio de um toca Cd. As gravações foram realizadas em um estúdio e fazem parte de um Cd que também contém as gravações de outros problemas e questões. Este Cd é parte dos materiais elaborados para o desenvolvimento do projeto de pesquisa anteriormente mencionado (Camargo 2005). Suas informações encontram-se disponíveis em: <http://www.fc.unesp.br/pos/ciclos/index.htm> (clique em Downloads e depois nos arquivos áudio.mp3).

A compreensão como categoria de análise

Com a finalidade de realizar uma análise das atividades enquanto um “ambiente de ensino aprendizagem” (Wheatley, 1991), definiu-se uma categoria de análise denominada: categoria compreensão (Bardin, 1977). Esta categoria objetiva analisar a qualidade das aprendizagens dos alunos participantes das atividades.

Para Bauersfeld (1988): “A aprendizagem pode ser compreendida como sendo a reconstrução subjetiva de significados Por meio da negociação desses significados em interações sociais”. Neste contexto, a concepção de “local de aprendizagem” bastante aceita e fundamentada na metáfora de “local de trabalho” parece não atender as características de um genuíno ambiente de aprendizagem. De acordo com a concepção de aprendizagem como um “local de trabalho”, os alunos, entendidos como os trabalhadores, devem sempre dentro de uma relação de troca de performance por aprovação, executar determinados serviços ou tarefas. Como aponta Doyle (1979): “Alunos são pagos pelo que produzem com elogios e graduação (aprovação)”. Opondo-se a tal concepção, Wheatley (op. cit.) afirma que: “Os alunos podem assumir o papel de explorador/inventor, e dessa forma, a sala de aula pode ser melhor caracterizada como um local de aprendizagem, ao invés de “local de trabalho”, um local onde os significados são o centro das discussões. Nesta perspectiva, o aprendizado pode

ser entendido como um subproduto de um processo de realização intencional de ações de explorar, observar, discutir, questionar, propor, reformular, processo este realizado nas interações sociais e com o objeto de estudo.

Assim, visando analisar se a estrutura e os materiais das atividades (a) e (b) proporcionaram condições para que os alunos com deficiência visual participassem de um ambiente de aprendizagem, elaborou-se a categoria compreensão. A referida elaboração obedeceu ao seguinte critério organizacional.

Em primeiro lugar, transcreveram-se na íntegra as falas dos alunos durante as atividades. Em seguida, as declarações que continham relações de causa e efeito (exemplo: isto ocorre por causa daquilo) ou relações entre grandezas físicas (grandezas estas fundamentais ou derivadas: Resnick e Halliday, 1984, P. 1) que definem outras grandezas (exemplo: relação entre as grandezas distância e tempo que define a grandeza velocidade) foram agrupadas em função de semelhanças conceituais. O conjunto de declarações semelhantes foi generalizado em termos de uma proposição. Uma proposição que também pode ser entendida como a síntese conceitual de várias declarações semelhantes de um ou mais alunos, foi, para o caso de conter relações de causa e efeito, interpretada como sendo uma hipótese utilizada na explicação de um determinado problema, e para o caso de apresentar definições de grandezas físicas, interpretada como uma propriedade Física.

A partir da sistemática descrita, fundamentou-se a referida categoria de análise em elementos que indicam quatro atitudes (compartilhar, questionar, defender, reformular) adotadas ou não pelos alunos para a compreensão de um determinado fenômeno. Esses elementos denominados: “elementos de compreensão”, encontram-se na seqüência relacionados.

Elementos de compreensão

I: Compartilhou hipóteses ou propriedades Físicas. Refere-se à atitude de um aluno em compartilhar uma determinada hipótese ou propriedade Física com outros durante a discussão de um problema. Considera-se que a hipótese ou a propriedade Física compartilhada pode ter sido elaborada ou não pelo aluno que a expressou.

II: Questionou hipóteses ou propriedades Físicas. Refere-se à atitude de um aluno em questionar uma determinada hipótese ou propriedade Física, proposições conceituais estas que podem ser provenientes de outros alunos ou do professor.

III: Defendeu hipóteses ou propriedades Físicas. Refere-se à atitude de um aluno em defender uma determinada hipótese ou propriedade Física de hipóteses ou propriedades Físicas rivais apresentadas tanto por outros alunos, quanto pelo professor.

IV: Reformulou hipóteses ou propriedades Físicas. Refere-se à atitude de um aluno em reformular uma hipótese ou propriedade Física passando a compartilhar outra.

As atitudes descritas por meio dos quatro elementos de compreensão foram denominadas atitudes de compreensão. A utilização ou não de uma dessas atitudes por um aluno será identificada na análise pelas seguintes ações: Compartilhou, questionou, defendeu, reformulou, não demonstrou atitudes.

Análise da Aplicação das Atividades

Na análise os alunos serão identificados pelas letras: (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G) (H) e (I). Os alunos (A), (B), (E) (F) e (I), participaram das duas atividades, enquanto que os alunos (C) e (D) participaram somente da atividade (b). Os alunos (G) e (H) por motivos particulares

não participaram da aplicação das atividades aqui apresentadas. Observa-se que o professor que aplicou as atividades, que é também o pesquisador e primeiro autor deste trabalho, tem deficiência visual.

Análise da atividade (a)

Para iniciar a atividade (a) o professor apresentou individualmente aos alunos o funcionamento do artefato (a-1) (momento de experimentação). Deixando-os tocarem no plano inclinado e no carrinho, explicou o porquê do referido plano possuir fitas de papel alumínio a cada 19 cm e o porquê dos fios que fecham o circuito da sirene ficarem expostos. Assim que conheceram o artefato, os discentes observaram auditivamente o movimento do carrinho fazendo-o descer e subir o plano inclinado. Tal observação tornou-se possível devido à variação dos intervalos de tempo entre dois sinais consecutivos emitidos pela sirene durante o movimento descrito.

No momento de discussão de problemas o professor ligou o toca CD na questão central da atividade (a) (ver sub tópico IV.I) e solicitou aos alunos para que tentassem explicar a variação dos sinais da sirene. Assim, os alunos enquanto interagiam com os objetos do artefato (a-1) debatiam possíveis soluções para o problema central. As cinco hipóteses na seqüência apresentadas sintetizam o referido debate.

Hipótese (a-1): Quanto maior a intensidade da velocidade, menor o intervalo de tempo gasto para percorrer a mesma distância, e quanto menor a intensidade da velocidade, maior o intervalo de tempo gasto para percorrer a mesma distância.

A: Eu estou dizendo assim, a velocidade do carro aumenta então passa mais rápido a distância e por isto o tempo fica menor.

E: Pela velocidade do carro, por ser descida, o impacto dele descendo, lógico ele vai ganhando velocidade e o tempo desses barulhos (bips) vão se tornando menores entre si. Já para subir ocorre um aumento nos barulhos (bibes) porque a velocidade diminui.

F: Na descida quando você dá o impulso para descer, o espaço percorrido dele é o mesmo, só que com o aumento da velocidade, vai diminuir o tempo entre os bibes.

I: Na descida o tempo de apito diminui.

Hipótese (a-2): A velocidade do carrinho sobre o plano inclinado aumenta na descida devido ao aumento da aderência ou atrito, e diminui na subida devido à diminuição do atrito ou aderência.

B: Quando ele desce ele acelera, da pra ver pela velocidade, porque aumenta a aderência.

E: O corpo que está em movimento ele vai ganhando velocidade, aumenta o atrito com a rampa e ele vai ficando cada vez mais veloz.

I: Eu acho que aumenta o atrito porque ele desce mais rápido do que quando sobe que é quando diminui o atrito.

Hipótese (a-3): A aceleração provoca um aumento na velocidade, e a desaceleração provoca uma diminuição na velocidade.

A: Quando ele está descendo ele está acelerando, e quando ele está subindo ele está desacelerando.

B: É aceleração quando ele está descendo, e desaceleração quando ele está subindo.

E: Quando ele sobe ele vai parando, e quando ele desce ele acelera, é o efeito contrário.

Hipótese (a-4): As variações da velocidade do carrinho sobre o plano inclinado se dão devido às variações em sua massa.

A: Eu acho que quando ele desce, conforme a inclinação da pista ele vai se tornando “mais pesado” (maior massa) e por isso ele ganha velocidade. A pista está inclinada para baixo e o peso dele vai aumentando, e quando ele sobe a pista vai tornando ele mais leve. Ele subindo, ele desacelerando, ele vai ficando mais leve e aí ele não consegue ter impulso, o impulso que foi dado a ele vai perdendo a força, enquanto na descida, o impulso dele o “peso” (massa) dele vai favorecendo ele continuar mantendo o impulso cada vez ter mais, já subindo ele sai com um impulso, vai ficando leve não consegue manter a velocidade.

Hipótese (a-5): A velocidade do carrinho sobre o plano inclinado aumenta na descida devido à diminuição do atrito, e diminui na subida devido ao aumento do atrito.

A: Acho que é isto mesmo, descendo o atrito diminui, subindo o atrito aumenta.

E: O atrito diminui quando ele desce, já na subida é o contrário, ele vai perdendo velocidade porque vai aumentando o atrito

No momento de exposição de modelos, o professor visando trabalhar o conceito gravitacional de ação à distância adotou os seguintes procedimentos de mediação: Distribuiu para cada grupo de alunos o kit (a-1), ligou o toca CD no texto “Gravidade” (ver sub tópico IV.I), e expôs aos mesmos por meio de explicações orais e táteis o mencionado conceito. O objetivo da utilização dos materiais do kit (a-1) foi o de fazer com que os alunos pudessem observar tatilmente um fenômeno de ação à distância similar ao gravitacional. Entretanto, explicou o docente que tais fenômenos apesar de similares, possuíam naturezas diferentes, portanto, não deveriam ser interpretados como iguais.

No momento de avaliação o professor por meio do toca Cd apresentou aos alunos a questão final da atividade (a) (ver sub tópico IV.I) e permitiu que os mesmos refletissem por um certo tempo sobre ela. Como resultado dos momentos de exposição de modelos e de avaliação um segundo debate surgiu entre os alunos. As três próximas hipóteses sintetizam os conceitos enfocados no referido debate.

Hipótese (a-6): A velocidade do carrinho aumenta na descida e diminui na subida devido à ação da gravidade que atrai as coisas para baixo.

A: Eu pensei que quando o carrinho desce, ele está sendo puxado, é aquela lei da gravidade, quando você solta um corpo ele cai, dizem que a terra é como um grande imã, e quando joga para cima, faz o efeito contrário, ele vai até um certo ponto e vai voltar, a terra suga ele para si, ao contrário não (na subida) por isso que ele vai perdendo velocidade,

E: A gravidade exerce uma força nos corpos, ela puxa para baixo.

I: O corpo cai porque o campo de gravidade puxa esse corpo para baixo

Hipótese (a-7): Não existe a atração gravitacional. Se existisse, objetos como aviões ou bexigas cairiam.

F: E no caso do avião, ele sustenta um grande peso lá em cima e não cai, e essa atração não puxa ele para baixo? Acho que esse negócio de gravidade não existe, vamos pegar o exemplo da bexiga (com gás hélio) ela sobe se você não segurar.

Hipótese (a-8): Uma nave em órbita ao mesmo tempo que é atraída pela Terra por meio da gravidade, possui uma velocidade de escape da Terra, e esses dois fatores a fazem girar.

A: A gravidade faz o efeito que dá o barbante, ela gira, gira mas não tem como sumir. Por outro lado se ela perdesse a velocidade de giro, ela cairia, como a pedrinha no barbante, você tem que girar com uma certa velocidade, pelo contrário ela cai na cabeça.

Analisando as hipóteses à luz da categoria compreensão, pode-se explicitar as características das atitudes utilizadas pelos alunos durante a atividade (a). O quadro (1) apresenta uma relação entre as hipóteses e os elementos de compreensão.

Quadro (1): Relações entre hipóteses e atitudes de compreensão (atividade a)

Alunos:	A	B	E	F	I
Hipótese (a-1)	Compartilhou	Não demonstrou atitudes	Compartilhou	Compartilhou	Compartilhou
Hipótese (a-2)	Questionou por meio da hipótese (a-4)	Compartilhou e reformulou pela hipótese (a-6)	Compartilhou e reformulou pela hipótese (a-5)	Não demonstrou atitudes	Compartilhou e reformulou pela hipótese (a-6)
Hipótese (a-3)	Compartilhou	Compartilhou	Compartilhou	Não demonstrou atitudes	Não demonstrou atitudes
Hipótese (a-4)	Compartilhou e reformulou pela hipótese (a-5)	Não demonstrou atitudes	Questionou por meio da hipótese (a-2)	Não demonstrou atitudes	Não demonstrou atitudes
Hipótese (a-5)	Compartilhou e reformulou pela hipótese (a-6)	Não demonstrou atitudes	Compartilhou, defendeu e reformulou pela hipótese (a-6)	Não demonstrou atitudes	Questionou por meio da hipótese (a-2)
Hipótese (a-6)	Compartilhou	Compartilhou	Compartilhou	Questionou por meio da hipótese (a-7)	Compartilhou
Hipótese (a-7)	Não demonstrou atitudes	Não demonstrou atitudes	Não demonstrou atitudes	Compartilhou	Não demonstrou atitudes
Hipótese (a-8)	Questionou e compartilhou	Não demonstrou atitudes	Não demonstrou atitudes	Questionou por meio da hipótese (a-7)	Questionou

De acordo com o quadro (1) três conjuntos de hipóteses por apresentarem características semelhantes de atitudes de compreensão podem ser destacados: O conjunto (1) que engloba as hipóteses (a-1 e a-3), o conjunto (2) formado pelas hipóteses (a-2, a-4, a-5 e a-6) e o conjunto (3) constituído pelas hipóteses (a-7 e a-8).

O conjunto (1) caracteriza-se por conter apenas hipóteses compartilhadas. Em outras palavras, a relação de proporção inversa entre velocidade e tempo (hipótese (a-1)), e a relação de proporcionalidade direta entre aceleração e variação de velocidade (hipótese (a-3)) não receberam questionamentos, não foram defendidas e nem reformuladas.

As hipóteses (a-2, a-4, a-5, e a-6) do conjunto (2) representam um conflito de idéias onde questionamentos, defesas e reformulações conceituais podem ser identificados. O tema principal de tal conflito refere-se aos motivos pelos quais ocorriam variações na velocidade do carrinho no plano inclinado. As referidas hipóteses fundamentam-se respectivamente em quatro relações: proporcionalidade direta entre intensidade do atrito e variação da velocidade (hipótese (a-2)), proporcionalidade inversa entre intensidade do atrito e variação da velocidade (hipótese (a-5)), proporcionalidade direta entre a intensidade da massa e a variação da velocidade (hipótese (a-4)), influência da ação à distância exercida pela Terra nos objetos por meio da gravidade (hipótese (a-6)).

No conflito considerado, o aluno (E) apresentou duas reformulações de hipóteses. Primeiro, reformulou a hipótese (a-2) pela hipótese (a-5), e mais tarde, reformulou a hipótese (a-5) pela hipótese (a-6). Já o aluno (A) após questionar a hipótese (a-2) por meio da (a-4), reformulou a hipótese (a-4) pela (a-5) e mais tarde pela (a-6). Os alunos (B) e (I) compartilharam inicialmente a hipótese (a-2), e a reformularam pela (a-6).

Entende-se que a primeira reformulação de hipóteses realizada pelos alunos (A, e E), possam ser resultado de três fatores: (1) observação auditiva do fenômeno da aceleração; (2) reflexões produzidas pelo conflito que havia se estabelecido; (3) efeito de aprendizagem das atividades anteriores que trataram questões relacionadas ao atrito e à aceleração (Camargo e Silva 2004 b). Já a segunda reformulação de hipóteses que abrangeu os alunos (A, B, E, e I), pode ser um efeito de aprendizagem produzido pela mediação docente e pela observação tátil de um dos fenômenos de ação à distância (kit (a-1)).

O tema “estado de imponderabilidade” abordado por meio do texto “gravidade” trouxe à tona a discussão do movimento orbital de naves espaciais (conjunto (3) hipóteses (a-7 e a-8)). Este tema mostrou-se complexo de ser trabalhado junto a alunos com deficiência visual, contudo, a contextualização do fenômeno em conjunto com informações obtidas socialmente por esses alunos deram ao professor condições para o estabelecimento de argumentações que produziram aprendizagens como no caso do aluno (A). Esse aluno, apesar de não formular hipóteses contrárias à orbital (hipótese (a-8)), questionou juntamente com o aluno (I), a explicação científica para a órbita de um objeto, e ao final da atividade, demonstrou em suas declarações ter compreendido a referida explicação.

A hipótese (a-7) desempenhou um papel fundamental durante as discussões estabelecidas na atividade. Por meio dela, o aluno (F) apresentou vários questionamentos que impuseram ao professor a necessidade de defender constantemente o modelo científico. Assim, a participação do mencionado aluno representou o questionamento constante e o não convencimento mediante as respostas ou explicações. Suas posições nunca eram passivas, já que a todo momento apresentava problemas não abordados, retomava a discussão de temas deixados para traz, o que dificultava o fechamento dos temas trabalhados.

Portanto, enquanto ambiente de ensino-aprendizagem, a atividade (a) proporcionou condições para que os alunos buscassem soluções ao problema central. A referida busca fundamentou-se na experimentação e na apresentação de hipóteses explicativas para o que havia sido observado no artefato (a-1) e nos materiais do kit (a-1). As hipóteses estabelecidas pelos alunos para as relações: velocidade x tempo, aceleração x velocidade, atrito x velocidade e massa x velocidade deram condições para o professor discutir e apresentar o modelo gravitacional de ação à distância, bem como, aplicar este modelo na interpretação do movimento orbital.

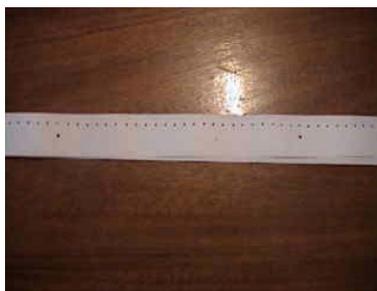
Análise da atividade (b)

No início da atividade (b) o professor separou os alunos em três grupos e explicou-lhes detalhadamente o funcionamento do artefato (b-1). Os alunos então manipularam o fio de nylon que segurava o disco e ouviram a variação do som proveniente dos alarmes durante a queda do mesmo dentro do tubo (ver sub tópico IV.I). O professor explicou o funcionamento do marcador de tempo, o porquê da fita de papel ter que ficar solta e não presa ao rolo de papel e a função dos alarmes colocados a cada 15 cm (ver foto-3).

Para que os discentes compreendessem bem o que é um marcador de tempo (vibrador), um outro aparelho similar em funcionamento, contudo sem agulha, foi entregue a eles. O professor pediu para que os alunos ficassem atentos por meio do tato a ação gravitacional exercida pela Terra ao disco.

Utilizando-se do fio de nylon, os alunos puxavam e deixavam cair o objeto dentro do tubo de formas diferentes, provocando distintas variações no intervalo de tempo do som proveniente dos alarmes. O vibrador foi ligado e o professor chamou a atenção dos alunos para a diferença entre o som proveniente dos alarmes e o do contato da agulha com a chapa dobrada. Por fim o papel foi preso ao disco com o auxílio de um ajudante vidente e o professor deixou cair o referido objeto preso à fita de papel dentro do tubo para se obter as marcas provenientes do vibrador. Em seguida o ajudante vidente furou o papel a cada cinco tiques com uma marca maior e essa fita foi entregue posteriormente aos grupos para análise. Esse procedimento foi repetido junto aos três grupos. Destaca-se que a fita marcada mostrou-se fundamental, já que, trouxe consigo registros de distâncias e tempos, grandezas indispensáveis para o cálculo da velocidade e da aceleração.

Foto (4): fita de papel com marcas superiores (1cm) e marcas centrais.



Após os alunos terem observado o movimento de queda do disco e coletado dados sobre o mesmo, iniciou-se um momento de análises qualitativas e quantitativas. Neste momento cada grupo voltou ao seu lugar e recebeu a fita correspondente ao experimento realizado.

O professor então perguntou aos discentes o que eles podiam notar na fita. O aluno (A) notou logo de início a diferença entre as marcas deixadas pelo vibrador e as marcas espaçadas de 1cm. Como comentado anteriormente, na fita existiam dois tipos de marcas. As feitas pelo vibrador e que ficavam mais ao centro do papel, e as marcas de 1 cm um pouco mais acima, feitas antes da experiência (ver foto-4). O professor aproveitando-se da referência às marcas centrais apresentada pelo aluno (A) explicou que dois furos consecutivos correspondiam a cinco tiques do vibrador. O docente também explicou que as distâncias entre as marcas centrais consecutivas significavam distâncias que o disco havia percorrido dentro do tubo em um certo intervalo de tempo, e esse intervalo de tempo era o mesmo para todas as distâncias percorridas. Dessa forma, o professor tocava na mão dos alunos, e colocava, pacientemente e repetindo quantas vezes fossem necessárias, seus dedos junto às marcas superiores e inferiores do papel a fim de explicitar suas diferenças. O professor esclareceu aos alunos que a unidade de tempo de “cinco tiques” seria denominada “décimos” afirmando que essa unidade era uma unidade arbitrária e não representava a décima parte do segundo.

Os alunos começaram a apresentar valores para a distância entre duas marcas consecutivas na fita, o que evidenciou a eficácia da disposição das marcas de um centímetro na parte superior da mesma. O processo de medição por meio do tato era o seguinte: Um dos dedos indicadores (por exemplo, o da mão esquerda) era colocado sobre a marca central inicial, e o outro dedo indicador (o da mão direita) era colocado paralelamente ao primeiro dedo, nas marcas superiores. Em seguida, o dedo que estava sobre a marca inicial era levado à segunda, e o dedo que estava sobre as marcas de 1cm contava a distância entre a primeira e a segunda marca. Esse processo era repetido para a obtenção das distâncias entre as marcas seguintes. Dessa forma, os valores das quatro distâncias encontradas pelos grupos ficaram em torno de 14 cm, 17cm, 20cm, 23cm. Disponibilizou-se aos alunos reglete e punção para serem anotados os valores medidos em Braille, contudo eles decoraram os valores obtidos.

Encerrado o processo de medição das fitas, a atividade foi conduzida para uma análise quantitativa do fenômeno estudado, ou seja, o cálculo de velocidades médias e da aceleração de queda do objeto. As duas propriedades físicas na seqüência explicitadas (ver sub tópico IV.II) sintetizam a discussão resultante das análises realizadas pelos alunos por ocasião dos cálculos de velocidade média e aceleração.

Propriedade Física (b-1): velocidade média: relação entre distância percorrida e o tempo gasto para percorrer tal distância.

A: Então ele percorreu aqui 14 cm em 1 décimo, e aqui 17 cm em 1 décimo, aumentou a velocidade dele.

B: No primeiro intervalo de tempo, ele percorreu 14 cm e no segundo, percorreu 17 cm.

D: A velocidade significa uma distância que o objeto caiu em um certo tempo.

E: A velocidade está dando 14 cm por décimo (primeiro intervalo), depois, 17 cm por décimo (segundo intervalo).

F: Aqui a velocidade deu 14 cm por décimos, depois 16 cm por décimos, e depois 20cm por décimos, a variação está dando 2cm, 4cm mais ou menos.

Propriedade Física (b-2): aceleração: relação entre variação de velocidade e o intervalo de tempo que ocorreu tal variação.

A: No nosso caso a velocidade aumenta 3 cm por décimo a cada décimo.

D: A nossa variou a primeira vez 2 cm e depois 3cm em cada décimo mais ou menos.

F: Aqui deu 14 cm por décimos, depois 16 cm por décimos, e depois 20 cm por décimos, a variação está dando 2 cm, 4 cm mais ou menos

No momento de generalizações, conclusões e avaliação o professor fez uma síntese dos conceitos de velocidade média e aceleração. Explicou que se os valores obtidos fossem expressos em unidades conhecidas como o metro e o segundo, a aceleração da gravidade terrestre daria aproximadamente 9,8 m/s/s. Em seguida, com a finalidade de obter generalizações e extrapolações dos conceitos trabalhados, o docente ligou o toca Cd na questão avaliação da atividade (b), e os discentes discutiram-na. As duas hipóteses na seqüência apresentadas sintetizam a referida discussão.

Hipótese (b-1): A aceleração provoca variações na velocidade.

A: Ele acelera porque ele cai cada vez mais rápido. Na subida ele sobe desacelerando, as velocidades na subida dariam cada vez menores. se fosse uma desaceleração as marcas diminuiriam.

B: A gravidade faz a velocidade de queda dos objetos aumentar.

Hipótese (b-2): Se um objeto não estiver acelerando, sua velocidade permanece constante

A: Se a velocidade fosse constante as marcas na fita seriam iguais. No nosso caso a velocidade seria sempre por exemplo: 14 cm por décimo, e se as marcas fossem todas iguais, a aceleração daria 0.

C: aceleração seria 0, 14 menos 14 da 0.

F: Se a velocidade fosse constante, as marcas não estariam aumentando!

I: Isso porque não teria aceleração.

Analisando as proposições conceituais à luz da categoria compreensão, pode-se explicitar as características das atitudes utilizadas pelos alunos durante a atividade (b). O quadro (2) apresenta uma relação entre os alunos e os elementos de compreensão.

**Quadro (2): Relações entre proposições conceituais e atitudes de compreensão
(atividade b)**

Alunos:	A	B	C	D	E	F	I
Propriedade Física (b-1): velocidade média	Compartilhou	Compartilhou	Não demonstrou atitudes	Compartilhou	Compartilhou	Compartilhou	Não demonstrou atitudes
Propriedade Física (b-2): aceleração	Compartilhou	Não demonstrou atitudes	Não demonstrou atitudes	Compartilhou	Não demonstrou atitudes	Compartilhou	Não demonstrou atitudes
Hipótese (b-1)	Compartilhou	Compartilhou	Não demonstrou atitudes				
Hipótese (b-2)	Compartilhou	Não demonstrou atitudes	Compartilhou	Não demonstrou atitudes	Não demonstrou atitudes	Compartilhou	Compartilhou

Como mostra o quadro (2) não ocorreram durante a atividade, questionamentos, defesas ou reformulações de hipóteses ou de propriedades Físicas. O que caracteriza a atividade aqui analisada é a elaboração e o compartilhamento por parte dos alunos de proposições conceituais. De acordo com o que foi apresentado, a atividade (b) e o artefato (b-1), produziram momentos de discussões entre os alunos e o professor sobre o movimento de queda do disco dentro do tubo. Os alunos durante os referidos momentos trabalharam com os conceitos distância e tempo e fizeram cálculos de velocidade e aceleração. Buscando uma síntese, por meio da atividade e dos materiais aqui apresentados, foram trabalhados junto aos alunos com deficiência visual os seguintes conceitos e relações.

Propriedade Física (b-1): velocidade média: Por meio das marcas na fita de papel, a relação entre as grandezas distância e tempo puderam ser trabalhadas e generalizadas em termos da propriedade física “velocidade média” como sendo a razão entre a distância percorrida por um objeto e o tempo gasto por ele para percorrer tal distância. Compartilharam desta propriedade física os alunos (A, B, D, E, e F).

Propriedade Física (b-2): aceleração: Por meio do aumento da velocidade de queda do disco verificado na fita de papel, a propriedade física “aceleração” foi trabalhada e definida como sendo a variação da velocidade em um dado intervalo de tempo. Compartilharam desta propriedade os alunos (A, D, e F).

Relação entre aceleração e variação de velocidade (hipótese (b-1)): Definida a propriedade física “aceleração” foram trabalhadas as relações entre esta propriedade e a variação de velocidade, enquadrando a gravidade dentro desse conceito e discutindo que a mesma explica as variações obtidas para as velocidades de queda do disco. Compartilharam desta hipótese os alunos (A, e B).

Relação entre velocidade constante e aceleração nula (hipótese (b-2)): Por meio da questão avaliativa, verificou-se que os alunos (A, C, F, e I), conseguiram relacionar um movimento de velocidade constante à um movimento de aceleração nula. Para tal, propôs-se uma análise hipotética de marcas constantes em uma fita de papel, marcas estas que indicariam a não variação da velocidade de um objeto. Como eles haviam obtido valores para a aceleração por meio do cálculo da variação das velocidades, concluíram que em uma situação onde o movimento de um objeto deixasse marcas iguais ao longo do papel a aceleração deveria ser nula.

Destacam-se as condições proporcionadas pelo artefato (b-1) para a observação não visual do fenômeno da queda de um objeto, condições estas que foram fundamentais à

elaboração e ao compartilhamento por parte dos alunos das proposições conceituais apresentadas. Acerca deste tema, cabe a seguinte análise:

É evidente que a audição e o tato nunca farão um indivíduo cego enxergar (Vigotski, 1997). A percepção do fenômeno da queda de um objeto feita por uma pessoa que não apresenta deficiências sensoriais será sempre mais completa do que a percepção do mesmo fenômeno feita por uma pessoa com deficiência visual. No caso dessa última ser cega, sua observação ficará limitada à percepção do som proveniente do impacto do objeto descendente com o anteparo. O que ocorre do início do movimento de queda até instantes precedentes ao referido impacto não é notado por ela (Camargo et. al. 2000 e 2001).

Dessa forma, de acordo com o referencial observacional, o artefato (b-1) mostrou-se eficaz para a observação não visual da queda de um objeto por alunos com deficiência visual, já que os colocou em contato com o referido fenômeno. Eles podiam perceber auditivamente que o objeto caía e que caía cada vez mais rápido. Essa percepção tornou-se possível devido à diminuição do intervalo de tempo entre dois sinais emitidos pelos alarmes durante a queda do disco dentro do tubo. Portanto, um fenômeno que normalmente é observado visualmente, por meio do equipamento desenvolvido tornou-se observável auditivamente. Esta mudança de referencial observacional carrega um grande fator motivacional e gera as condições para o ensino do fenômeno da queda de um objeto à alunos com deficiência visual dentro de um ambiente educacional de Física, já que, coloca o referido aluno com possibilidades concretas de observar o que está sendo estudado.

Devido ao fato do professor ser deficiente visual, um colaborador vidente se mostrou muito útil naquele momento, já que, o mesmo, prendeu a fita de papel ao disco, e reforçou com uma agulha determinadas marcas pré estabelecidas na fita, ações que o professor devido à sua deficiência visual não era capaz de fazer. Estes aspectos implicam uma dupla análise relacionada à presença de pessoas com deficiência visual em ambientes de ensino.

Em primeiro lugar destaca-se a importância de um colaborador do professor com deficiência visual que poderia ser caracterizado como “colaborador docente”, cuja função estaria relacionada a atividades não pedagógicas dentro de uma sala de aula como atividades burocráticas (preenchimento de cadernetas, chamadas, etc), ou preparação de materiais como a preparação dos materiais descrita. Como aponta Mantoan (1998) na perspectiva de uma prática educacional inclusiva, a constituição do sistema de ensino deve considerar as necessidades de todos os participantes como os alunos e os professores, estruturando-se em função dessas necessidades. Desse modo, os custos relacionados a estas necessidades, como por exemplo, a contratação de um colaborador docente, deve estar embutido no custo próprio de determinada instituição, como mais um instrumento ou um equipamento necessário ao funcionamento desta estrutura.

Em segundo lugar, enfoca-se o contexto colaborativo que ambientes de ensino deveriam possuir. Em outras palavras, considerando-se uma sala de aula regular que esteja preenchida por alunos videntes e com deficiência visual, seria perfeitamente viável tanto do ponto de vista pedagógico quanto colaborativo o estabelecimento de relações de ajuda entre esses indivíduos. Nesta perspectiva, o aluno com deficiência visual e o aluno vidente poderiam ajudar-se mutuamente, tendo em vista o aproveitamento de suas especificidades e potencialidades. Assim, no caso aqui exposto da fita de papel, o aluno vidente poderia ajudar um colega com deficiência visual a prender o papel ao disco e a furar a fita nas marcas determinadas pelo professor, e o aluno com deficiência visual poderia chamar a atenção de seu colega vidente para as observações auditivas da queda do objeto. Estas ações poderiam trazer ricas discussões acerca do fenômeno estudado, discussões estas que estariam

fundamentadas em observações de vários referenciais sensoriais e por princípios colaborativos em substituição aos de competitividade.

Conclusão

O presente artigo abordou a análise de duas atividades de ensino de Física elaboradas e aplicadas junto a um grupo de alunos com deficiência visual. O conteúdo das atividades enfocou o conceito gravitacional de ação à distância e sua influência para a aceleração de um objeto. As atividades foram estruturadas em função de observações táteis e auditivas e de momentos de discussões e busca de soluções à situações problema. A estrutura descrita possibilitou ao docente o estabelecimento de explicações acerca dos equipamentos desenvolvidos e dos fenômenos trabalhados, bem como, de relações argumentativas com os discentes. A referida estrutura também permitiu a avaliação constante dos discentes, pois, como facilitou o estabelecimento de argumentações, possibilitou ao docente a realização de análises e comparações ao longo do desenvolvimento das atividades.

Um outro aspecto a ser destacado refere-se à motivação apresentada pelos alunos durante a realização das atividades. Nesta perspectiva, tanto as atividades quanto os equipamentos desenvolvidos atingiram seus objetivos, ou seja, motivar os alunos para a observação e para o estudo do fenômeno gravitacional. Como síntese da motivação observada, apresenta-se a transcrição de algumas falas dos alunos acerca dos materiais desenvolvidos e das atividades de ensino.

A: Esse método de ensinar é bastante funcional, dá pra manipular as grandezas.

B: Eu pretendo continuar estudando, mas no método Braille para mim não da, eu achei muito cansativo, eu tentei, comecei mas ai desisti, eu tentei voltar estudar, mas eu achei que não dava porque só a apostila teria que transcrever tudo em Braille passar aquilo tudo, eu disse não da não agüento, isso enlouquece a gente. E eu sempre comentei sobre isto, ou seja, sobre livros falados, e agora você vem com esta idéia, o CD é melhor ainda, não é cansativo, e para quem quer estudar é ótimo, prende a atenção, é muito bom, eu gostei muito.

C: Esse método que você usa seria mais fácil para qualquer pessoa entender, seja ela deficiente visual ou não.

D: Uma das dificuldades que nós encontramos para estudar, é a falta de material gravado. O Braille é ótimo, contudo, ele tem alguns inconvenientes. Para você utilizar uma apostila em Braille, ela vai ocupar muitos volumes, isso é difícil de armazenar, manipular, assim a idéia do CD para o deficiente visual vai facilitar no mínimo em cinquenta por cento. Isso vai animar as pessoas a estudar, se você quiser ir para frente no texto você vai, se você quiser voltar você volta, inclusive existe aparelhos de tocar CD que tem o recurso de você programar ele, você memoriza e ele fica repetindo só aquela parte.

E: A gente tendo a base que é o texto fica melhor, com o CD você pega o texto, se você não entendeu você volta, você ouve outra vez, e juntamente com isto existia algo que você podia apalpar, o CD é importante pelo fato de ter a disponibilidade de ouvir e eu ao menos, absorvo muita coisa no ouvir, eu assimilo o que está sendo lido ou o que está sendo dito e geralmente você faz uma idéia melhor do que é o problema.

F: Poder escutar um texto é muito mais agradável, porque o Braille é cansativo eu começo ler muito, me dói a cabeça, você põe adrenalina pura para poder entender o raciocínio da palavra, e depois entender a história, já no texto falado não, você pega em uma forma bem gostosa.

I: Os materiais são legais porque você está vivendo o problema físico ali, você está sabendo, você está passando a mão e está tendo a noção exata do que é a Física, do que é o movimento.

Como pôde ser observado nas falas transcritas, os alunos se adaptaram bem, tanto à metodologia de ensino das atividades quanto aos materiais desenvolvidos, e em especial ao CD, já que este representou a possibilidade da não utilização exclusiva de textos em Braille, sistema de escrita e leitura que produz no usuário segundo os alunos, um grande desgaste. Na perspectiva descrita, conclui-se que os materiais desenvolvidos e utilizados nas atividades geraram nos alunos intenção em aprender. Acerca de tal intenção, cabe a seguinte análise:

Quando uma pessoa tem intenção, ela encontra-se motivada em fazer algo relacionado com uma determinada ação, isto é, observar, participar, pensar, discutir, propor e resolver algo. O ato de aprender é um ato intencional (Wheatley, 1999). A intenção em aprender algo por sua vez não é necessariamente uma característica intrínseca ao aprendiz. Entretanto, a intenção em aprender pode ser facilitada por meio da motivação em aprender. Neste contexto, Peres (et. al. 1999) indicam que “seria conveniente em atividades de ensino de Física a consideração do interesse dos aprendizes e da relevância das situações propostas, afim de que os alunos não se vejam submergidos no tratamento de uma situação sem formarem uma idéia motivadora inicial acerca da mesma”. Assim, os equipamentos desenvolvidos e que permitiram observações auditivas e táteis do fenômeno gravitacional, bem como, as questões e o texto falado mostraram-se eficazes, já que, essas observações representaram um primeiro referencial motivacional para os alunos.

Buscando uma síntese, o texto da atividade (a), em conjunto com as questões e os equipamentos das atividades (a) e (b), foram capazes de proporcionar uma contextualização do fenômeno gravitacional, e por conseqüência, estabeleceram-se discussões nas quais argumentos e contra argumentos eram apresentados pelos alunos acerca de problemas propostos por eles ou pelo professor. Em outras palavras, durante os momentos de observação, os alunos se mostraram muito interessados em manipular os equipamentos tanto que por algumas ocasiões o professor teve que interromper devido ao limite do tempo. Durante o desenvolvimento das atividades os alunos permaneciam motivados, discutiam, davam explicações aos seus colegas de grupo, faziam várias perguntas ao professor e propunham problemas novos para serem discutidos. Este aspecto, ou seja, o de considerar os resultados como origem de novos problemas é de acordo com Peres (et. al. 1999) uma das metas de atividades de ensino de Física, pois, colocam em jogo constantemente a criatividade dos discentes. Dessa forma, conclui-se que as atividades mostraram-se adequadas para o tratamento do tema “aceleração gravitacional” junto a alunos com deficiência visual. Nesta perspectiva, retiram-se da deficiência visual possíveis fatores condicionantes ou limitantes de aprendizagem do conteúdo “gravidade”, atribuindo-se os mesmos às condições de ensino.

Referências

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977. 225 p.

BAUERSFELD, H. Interaction, construction, and Knowledge: Alternative perspectives for mathematics education. In D. Grouws and T. Cooney (Eds.), Perspectives on research on effective mathematics teaching. Reston, VA: National Council of Teachers of mathematics, 1988.

Camargo, E. P. O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão. Campinas, Tese. Doutorado em Educação, FACULDADE DE EDUCAÇÃO, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2005.

CAMARGO, E. P., SILVA, D. Desmistificar a Deficiência Visual como Primeiro Passo para Ações Educativas de Física. In: CONGRESSO REGIONAL DE EDUCAÇÃO, 5, 2004, São José do Rio Pardo - SP. Anais eletrônico: Saberes Teóricos e Saberes da Prática na Formação dos Professores, São José do Rio Pardo-SP, 2004 (a).(b).

CAMARGO, E. P., Silva, D. Atividade de Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: Vivência do Atrito: Observação e Contextualização do Fenômeno: In: Anais eletrônicos: 1º Congresso internacional de Educação e desenvolvimento humano, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-Pr, 2004

CAMARGO, E. P. e SILVA, D. O Ensino de Física, os Alunos com Deficiência Visual e os Parâmetros Curriculares Nacionais: Atas Do V Simpósio em Filosofia e Ciência, Trabalho e conhecimento: desafios e responsabilidades da ciência. Marília (SP, 2003 (a) (CDR)).

CAMARGO, E. P. e SILVA, D. Trabalhando o conceito de aceleração com alunos com deficiência visual: um estudo de caso, atas do XV SNEF: Simpósio Nacional de Ensino de Física, P. 101, Curitiba, Paraná, 2003 (b).

CAMARGO E. P., SCALVI L. V. A., Braga T. M. S. O Ensino de Física e os Portadores de Deficiência Visual: Aspectos Observacionais Não-Visuais de Questões Ligadas ao Repouso e ao Movimento dos Objetos. In: NARDI, R. (Org.), Educação em Ciências da Pesquisa à Prática docente, Ed. Escrituras, V. 3, p. 117 - 133, 2001.

CAMARGO, E. P. Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas. Bauru, 218 p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2000.

COPELLI, A. C., TOSCANO, C., TEIXEIRA, D. R., SILVA, I. S., PEREIRA, J. A., MARTINS, J., MENEZES, L. C., PIASSI, L. P. C., PELAES, S. B., DIAS, W. S., HOSOUME, Y.: In: Leituras de Física, (GREF) Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, Instituto de Física da USP. Disponível em: www.sbf.if.usp.br/gref, 1998.

DOYLE, W. Classroom tasks and students' abilities. In P. Peterso & H. Walberg (Eds.), Research on teaching: Concepts, findings, and implications (pp. 183-209). Berkeley, CA: Mc Cutchan, 1979.

GASPAR, P. Aplicações das leis de Newton-II. In: Alberto Gaspar, Física, Mecânica. Editora Ática ed (1) vol. 1 p. 144-153, 2000.

GONÇALVES, A.; TOSCANO, C. Física e Realidade. 2ª.ed. São Paulo: Scipione, 367 p. 1v, 1997.

LUDKE, M. E ANDRÉ, M.E.D.A. Métodos de coletas de dados: observação, entrevista e análise documental: In: Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas; Ed Pedagógica e Universitária LTDA; P. 25-44. MANTOAN, M. T. E. (2002). Ensinando a turma toda as diferenças na escola: Pátio - revista pedagógica, ano V, N. 20, fevereiro/abril, P. 18 -23, 1986.

MANTOAN, M. T. E. Ensinando a turma toda as diferenças na escola: Pátio- revista pedagógica, ano V, N. 20, fevereiro/abril, P.. 18 -23, 2002.

MASINI, E. F. S. A educação de pessoas com deficiências sensoriais: algumas considerações. In: Do sentido, pelos sentidos pra o sentido: o sentido das pessoas com deficiências sensoriais. Editora Vetor, 2002.

MASINI, E. F. S. Impasses sobre o Conhecer e o Ver. In: O perceber e o relacionar-se do deficiente visual: orientando professores especializados. Brasília: CORDE, 1994.

MORALES, M. e MORENO, M. Problema en el uso de los terminos cualitativo/cuantitativo en la investigación educativa. *Investigación en la Escuela*, 21: 149-157, 1993.

PÉREZ, D. G., ALÍS, J. C., DUMAS-CARRÉ, A., MAS C. F., GALLEGO, R., DUCH, A. G., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSSA, J., CARVALHO, A. M. P., SALINAS, J., TRICÁRIO, H. VALDÉS, P. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de la ciencia*, 18 (1), 1999.

RESNICK, R., HALLIDAY, D. Mecânica da Partícula - I. In: _____. *Física: Mecânica Clássica*. 4.ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos editora, 1984.

SANTOS, M. E. V. *Mudança Conceitual na Sala de Aula*. Lisboa, Livros Horizonte, 1991.

SELLTIZ, C., WRIGHTSMAN, L. S., COOK, S. W. *Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais*. 2ª ed. V. 1. São Paulo: E. P. U, 1977.

VIGOTSKI, L. S. Fundamentos de defectologia: El niño ciego. In: *Problemas especiales da defectologia*. Havana: Editorial Pueblo Y Educación, p. 74-87, 1997.

WHEATLEY, G. H. Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning, In: *Science Education*, 75(1), 9-2. 1, 1991.