

O EXPERIMENTO DO CONE DUPLO NO ENSINO MÉDIO: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA

The Experiment of The Double Cone in High School: an exploratory research

Wilson Rodrigues da Silva [profwilsonrodrigues@gmail.com]

André Coelho da Silva [andrecoelho@ifsp.edu.br]

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), campus Itapetininga

Avenida João Olímpio de Oliveira, 1561, Itapetininga (SP), CEP: 18202-000

Recebido em: 04/12/2017

Aceito em: 10/06/2018

Resumo

Objetivamos compreender de maneira exploratória os limites e as potencialidades do experimento do cone duplo enquanto recurso didático para a abordagem de conceitos físicos e móbil para a mobilização de estudantes do ensino médio para o estudo da Física. Para isso, construímos o experimento com materiais de baixo custo e o utilizamos no escopo de uma proposta didática focada no conceito de centro de massa. As informações foram coletadas junto a estudantes do ensino médio por meio de um questionário escrito e da observação em sala de aula. Antes da intervenção do professor, embora os estudantes tenham atribuído a movimentação descendente do cone duplo na rampa à força gravitacional, em geral, eles não foram capazes de associar seu movimento ascendente ao conceito de centro de massa. Já após a explicação do professor, os estudantes parecem ter compreendido que é o movimento do centro de massa que deve ser avaliado para explicar a movimentação do cone como um todo. Foi possível notar também que o experimento funcionou como móbil da mobilização dos estudantes, fomentando seus interesses em relação ao entendimento dos motivos que explicam o que estavam observando.

Palavras-chave: Cone duplo; Experimentação; Ensino médio; Centro de massa; Gravidade.

Abstract

We aim to understand in an exploratory way the limits and potentialities of the double cone experiment as a didactic resource for the approach of physics concepts and as a mobile for the mobilization of high school students for the study of physics. For this, we constructed the experiment with low cost materials and used it in the scope of a didactic proposal focused on the concept of center of mass. We collect the information from high school students through a written questionnaire and classroom observation. Prior to the teacher's intervention, although students attributed the downward movement of the double cone on the ramp to the gravitational force, generally, they were not able to associate their upward movement with the concept of center of mass. After the teacher's explanation, the students seem to have understood that it is the movement of the center of mass that must be evaluated to explain the movement of the cone as a whole. It was also possible to note that the experiment functioned as a mobile of students' mobilization, fomenting their interests in the understanding of the reasons that explain what they were observing.

Keywords: Double cone; Experimentation; High school; Mass center; Gravity.

1. Introdução e Justificativas

Dado que a criança nasce inacabada, deve construir-se e só pode fazê-lo de "dentro", a educação é produção de si próprio. Dado que a criança só pode construir-se apropriando-se de uma humanidade que lhe é "exterior", essa produção exige a mediação do outro. [...] Para haver atividade, a criança deve mobilizar-se. Para que se mobilize, a situação deve apresentar um significado para ela. (Charlot, 2000, p. 54).

A questão da motivação dos estudantes tem sido recorrentemente apontada como uma das principais dificuldades enfrentadas pelos professores do ensino básico. De fato, ao assumirmos que a aprendizagem requer a participação ativa do sujeito, a relevância dessa questão se torna ainda mais evidente.

Charlot (2000) emprega o termo “mobilização” ao invés do termo “motivação” com o intuito de frisar a importância do próprio sujeito nesse processo. Ele coloca-se em movimento quando considera que há bons motivos para isso, sendo tais motivos chamados de móbiles.

Vigotski (2001, p. 145) também destaca a necessidade de que os processos de ensino e aprendizagem tenham como ponto de partida a mobilização dos estudantes:

Os gregos diziam que a filosofia nasce da surpresa. Em termos psicológicos isso é verdadeiro se aplicado a qualquer conhecimento no sentido de que todo conhecimento deve ser antecedido de uma sensação de sede. O momento da emoção e do interesse deve necessariamente servir de ponto de partida a qualquer trabalho educativo.

Conforme Araújo e Abib (2003) e Moraes e Silva Junior (2014), diversos trabalhos da área de ensino de Física têm apontado a pertinência da experimentação enquanto estratégia de ensino que pode funcionar, entre outras coisas, como móbil (elemento motivador) para o estudo dessa disciplina e como auxiliador da aprendizagem de conceitos.

O objetivo deste trabalho é compreender de maneira exploratória os limites e as potencialidades do experimento do cone duplo enquanto recurso didático para a abordagem de conceitos físicos e móbil para a mobilização de estudantes do ensino médio para o estudo da Física. Para isso, na seção seguinte, apresentamos alguns apontamentos sobre os experimentos cativantes e os experimentos de baixo custo – pretendemos evidenciar que o experimento do cone duplo se enquadra nas duas categorias. Na terceira seção caracterizamos o experimento do cone duplo, explicitando como a Física possibilita sua explicação. Na quarta seção detalhamos de que maneira foi desenvolvido o trabalho em sala de aula, bem como de que forma foram coletadas as informações de pesquisa junto aos estudantes do ensino médio. Por fim, analisamos as informações coletadas tentando atingir o objetivo proposto.

2. Alguns Apontamentos sobre os Experimentos Cativantes e os Experimentos de Baixo Custo

Segundo Laburú (2006), a motivação dos estudantes pode ser desencadeada por meio de experimentos especialmente quando estes envolvem o desafio, a curiosidade, o controle e a fantasia. O desafio sendo caracterizado como uma situação com certa complexidade e em que as habilidades ou conhecimentos dos estudantes são provocados. A curiosidade seria ativada por situações ambíguas, surpreendentes, inesperadas. Situações que despertam a atenção dos alunos pelo fato de estarem em desacordo com suas crenças ou conhecimentos anteriores. A curiosidade acabaria por incentivá-los a buscar as informações necessárias para a construção de uma explicação para o que foi observado. O controle diria respeito à percepção do sujeito de que faz parte do processo de aprendizagem, tornando-se ciente de que os resultados dependem de seus esforços. As possibilidades de ser ouvido e de fazer escolhas também impactariam na percepção sobre o controle. A fantasia caracterizar-se-ia por situações que envolvem um faz de conta, isto é, por situações que não ocorreriam facilmente em nossa realidade.

Para Laburú (2006), experimentos com formato cativante possibilitam ativar a curiosidade dos alunos, atraindo e prendendo suas atenções e, conseqüentemente, abalando atitudes comumente relatadas por professores a respeito de seus alunos, tais como, apatia e falta de esforço. Para que as atividades experimentais não se tornassem apenas entretenimento, o autor sugere que não bastaria apenas explorar elementos como a novidade ou o lúdico. Seria necessário explorar as duas dimensões do interesse por ele apontadas: o apelo à satisfação de baixo nível e o apelo à satisfação de alto nível. A primeira dimensão estaria relacionada à utilização do bizarro, do chocante, do lúdico, da fantasia, isto é, à gratificação sensorial, ao entretenimento. Já o apelo à satisfação de alto nível implicaria na mobilização em solucionar problemas, na possibilidade de abstração conceitual e, portanto, na necessidade de mediação do professor.

Especificamente sobre experimentos paradoxais que desafiam o senso comum das pessoas, Axt, Bonadiman e Silva (2000) afirmam que eles são potencialmente mais atrativos, tanto no que diz respeito à atenção que lhes é dada quanto no que concerne à busca por compreendê-los.

A utilização pedagógica de experimentos construídos com materiais de baixo custo (ou, simplesmente, “experimentos de baixo custo”) vem sendo sugerida por diversos pesquisadores da área de ensino de Física/Ciências. Entre eles, destacamos: Galli (1993); Laburú (1995); Laburú e Ferreira (1996); Oliveira e Oliveira (2001); Quirino e Lavarda (2001); Santos, Ferreira e Piassi (2004) e Duarte (2012).

Segundo Duarte (2012), os experimentos de baixo custo são alternativas interessantes à inexistência de laboratórios e/ou equipamentos industrializados para a realização de atividades experimentais nas escolas, até porque tais equipamentos, em geral, possuem custos elevados, o que torna suas aquisições difíceis por parte de escolas ou professores.

Santos, Ferreira e Piassi (2004) afirmam que a utilização de materiais de baixo custo ou de custo algum implica na desnecessidade de contar com ambientes específicos para a realização de práticas experimentais. Além disso e, principalmente, a utilização de materiais desse tipo, evitaria que os alunos tivessem contato com equipamentos industrializados cujos funcionamentos não fossem conhecidos, os chamados “equipamentos caixa-preta”. Nesse sentido, concordamos com os autores quando defendem a ideia de que o uso de materiais de baixo custo é uma opção didática e não uma simples solução de emergência para contornar problemas estruturais.

Conforme Santos, Ferreira e Piassi (2004), a proposta de construir experimentos de baixo custo pode auxiliar no desenvolvimento das capacidades construtiva, inventiva e imaginativa dos estudantes, ainda mais na sociedade de consumo atual, onde tudo já está pronto para ser consumido. A própria familiaridade com os materiais utilizados poderia evidenciar que a Física se aplica ao mundo real, a situações que estão a nossa volta.

Por outro lado, Axt e Moreira (1991) defendem que, em certos casos, a construção de experimentos de baixo custo por professores implica na transferência de responsabilidades que não lhes caberiam, afinal, seria obrigação das autoridades e da sociedade como um todo disponibilizar os equipamentos necessários à realização das atividades escolares. Embora afirmem que a produção de experimentos de baixo custo possa contribuir para o desenvolvimento da criatividade dos alunos, os autores acreditam que essa seria uma solução emergencial e provisória, no sentido de que o ideal seria comprar equipamentos industrializados. A proposta de usar materiais de baixo custo possuiria um forte caráter ideológico e apontaria para a direção contrária à da ideia de que uma boa educação requer investimentos.

Considerando essa controvérsia acerca do uso de experimentos de baixo custo, posicionamos da seguinte maneira: embora em alguns casos acreditemos na necessidade de dispor de equipamentos mais sofisticados e, conseqüentemente, na necessidade em lutar por sua aquisição pelas escolas junto às autoridades; cremos que a utilização de experimentos construídos com materiais de

baixo custo pode funcionar de maneira bastante interessante, especialmente no que diz respeito a suas potencialidades na explicitação de relações entre a Física e situações ordinárias.

Axt e Moreira (1991) apontaram também alguns problemas associados à forma como a utilização de experimentos costuma ser feita no ensino de Física: a desvinculação entre os experimentos e o conteúdo programático, algo como se aqueles fossem meros apêndices; a pouca atenção dada à potencialidade dos experimentos como recursos de aprimoramento conceitual; a não explicitação de inter-relações entre teoria e experimento; o uso dos experimentos como simples forma de corroborar a teoria, ilustrando-a; entre outros. Nesse sentido, concordamos com Borges (2002, p. 298) quando defende que: “é necessário criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo assim ao estudante integrar conhecimento prático e conhecimento teórico”.

3. Sobre o Experimento do Cone Duplo

Consideramos que o experimento que compõe o foco da proposta didática desenvolvida e aplicada em sala de aula, isto é, o experimento do cone duplo, se constitui como um experimento cativante e de baixo custo. Na internet é possível encontrar muitos vídeos sobre ele. Há também artigos que abordam seu funcionamento e processo de construção, como Canalle e Moura (1998) e Medeiros e Medeiros (2003).

O mistério do cone duplo - também conhecido como cone antigravidade - está relacionado a um aparente desafio à lei da gravidade, pois ao ser posicionado na parte mais baixa de uma rampa inclinada com formato em “V”, o cone parece se movimentar de maneira ascendente (MEDEIROS; MEDEIROS, 2003).

O planeta Terra exerce sobre cada partícula na superfície uma força atrativa, sendo o peso de um corpo, grosso modo, a resultante de todas as forças atrativas que a Terra exerce sobre as partículas do corpo. Qualquer que seja a orientação do corpo em relação à Terra, a direção da força peso passa sempre por um mesmo ponto do corpo, chamado de centro de gravidade. Supondo a aceleração da gravidade constante para todos os pontos do corpo, o centro de gravidade coincide com o centro de massa do corpo (OLIVEIRA; FIREMAN; BASTOS, 2016; CANALLE; MOURA, 1998).

Há duas regras que podem ser usadas para determinar o centro de gravidade ou o centro de massa de um corpo: I) Se um corpo homogêneo admite um centro de simetria, o seu centro de massa coincide com ele. Por exemplo: o centro de massa de uma esfera homogênea está no centro dela. II) Se um corpo homogêneo admite um eixo de simetria, o seu centro de massa encontra-se sobre este eixo. Por exemplo: o centro de massa de um cilindro encontra-se sobre seu eixo. Pode acontecer que o centro de massa de um corpo se encontre fora do espaço por ele ocupado. É o que acontece com um anel: o centro de massa está no centro do anel (HIRATA; RIGITANO, 2005; CANALLE; MOURA, 1998).

Quando é colocado sobre uma rampa, o cone duplo fica em equilíbrio instável, ou seja, ao ser ligeiramente afastado da sua posição de equilíbrio, tende a se afastar ainda mais. Pelo fato de ser construído com material homogêneo - ou até mesmo caso se opte por utilizar um funil (material oco) -, o cone duplo apresenta um eixo de simetria. Assim, seu centro de massa e centro de gravidade coincidem com seu centro geométrico. Um corpo que está em equilíbrio instável se encontra com máxima energia potencial e, para o caso do cone duplo, isso se reflete no fato de que inicialmente seu centro de massa se encontra no nível mais alto possível (CANALLE; MOURA, 1998).

Em síntese, portanto, no experimento do cone duplo temos a sensação de que a lei da gravidade está sendo violada, pois o objeto parece se mover de forma ascendente na rampa – o que vai também contra nossas expectativas. Por outro lado, fisicamente falando, trata-se de um

movimento descendente – como era de se esperar -, uma vez que o centro de massa do cone duplo perfaz um movimento descendente sobre a rampa.

4. Metodologia do Trabalho em Sala de Aula

O trabalho pedagógico foi desenvolvido com uma turma do 1º ano do ensino médio de uma escola privada de uma cidade do interior paulista durante duas aulas de 50 minutos cada. A participação na atividade não valia nota e o conceito central para a explicação do experimento – o de centro de massa – não era abordado pelo material didático obrigatoriamente utilizado pelos professores da escola. O primeiro autor deste artigo era o professor efetivo da turma.

Para construirmos o experimento utilizado em sala de aula foram necessários os seguintes materiais: dois funis plásticos cônicos; um cabo de vassoura; uma barra de rosca sem fim de 4 mm de diâmetro; uma dobradiça de porta; duas porcas tipo borboleta; duas porcas sextavadas; estilete; cola epóxi (Araldite); serra tico-tico; e furadeira.



Figura 1. Funis, cabo de vassoura, porcas e barra de rosca sem fim

A rampa em que o aparato se move foi construída de forma a possibilitar a variação do ângulo entre suas duas pernas e, conseqüentemente, possibilitar a obtenção de diferentes resultados: cone duplo parado na rampa, cone duplo descendo a rampa e cone duplo subindo a rampa. Para construí-la, serramos a barra de rosca sem fim em dois pedaços de 10 cm de comprimento cada e o cabo de vassoura em dois pedaços de 40 cm de comprimento cada. Em seguida, fizemos um furo em uma das pontas de cada pedaço do cabo de madeira a fim de nele passar o pedaço de barra de rosca sem fim. Com as porcas travamos os pedaços de barra nos cabos de madeira (Figura 2). Por fim, na outra extremidade dos cabos colamos a dobradiça de forma a uni-los (Figura 2).



Figura 2. Pontas dos cabos de madeira

Com a rampa pronta, passamos para a construção do cone duplo. Como os dois funis de plástico que adquirimos possuíam uma pequena aba, foi necessário retirá-la com um estilete, de forma a deixá-los com as laterais uniformes. Em seguida, com a cola epóxi, unimos as bases dos dois funis, formando o cone duplo (Figura 3).



Figura 3. Junção dos dois funis formando o cone duplo

As Figuras 4 e 5, a seguir, ilustram as vistas lateral e superior do experimento.



Figura 4. Vista lateral do experimento do cone duplo



Figura 5. Vista superior do experimento do cone duplo

Construímos também outro aparato do cone duplo para apresentação em sala de aula, desta vez utilizando papel, cola e tesoura (ENGENHARIA DE PAPEL, 2011). Embora traga como vantagem a facilidade de construção, este modelo tem como desvantagem a impossibilidade de variar o ângulo da rampa – o que é possível no caso da rampa de madeira devido ao uso da dobradiça.

Numa primeira etapa do trabalho pedagógico desenvolvido, antes de mostrar o experimento, fizemos uma breve abordagem sobre o conceito de centro de massa, solicitando aos estudantes que respondessem por escrito à seguinte questão: 1) Explique o que pode acontecer com um cone solto em uma rampa.

Numa segunda etapa, mostramos o experimento do cone duplo feito com papel e o experimento do cone duplo feito com madeira, plástico e metal em três configurações de ângulo diferentes: na primeira, o cone duplo fica parado na rampa; na segunda, o cone duplo desce a rampa; e na terceira, o cone duplo sobe a rampa. Após observarem o funcionamento do experimento, os estudantes responderam a duas questões: 2) Explique o que faz o cone ficar parado, descer ou subir a rampa. 3) De que forma a gravidade influencia no movimento do cone?

Numa terceira etapa, abordamos a explicação física para os resultados do experimento, solicitando aos estudantes que respondessem às seguintes questões: 4) Explique fisicamente a movimentação do cone. 5) Como você explicaria a um amigo o conceito de centro de massa?

As informações empíricas coletadas junto aos estudantes foram analisadas qualitativamente. Segundo Alves e Silva (1992), trata-se de um tipo de análise que, ao levar em conta o contexto envolvido e a abordagem teórica do estudo, busca apreender os significados das produções dos sujeitos, sistematizando-os.

5. Resultados e Análises

Do total de estudantes que participaram da atividade, selecionamos cinco para acompanhar as respostas que deram às questões propostas. Eles foram selecionados entre o total de estudantes tendo em vista o fato de que, em conjunto, suas respostas funcionam como uma boa amostra do espectro de respostas redigidas pela totalidade da turma.

Iniciamos com a apresentação de respostas dadas pelos cinco estudantes à primeira questão (“Explique o que pode acontecer com um cone solto em uma rampa”), salientando que, em todos os

casos, utilizamos nomes fictícios para identificá-los e que mantivemos as grafias originais de suas respostas. Os grifos nas respostas são nossos:

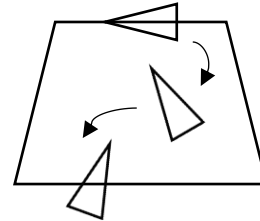
Fabício: “O cone irá girar”

*Ivete: “Ele rola, a gravidade puxa-o **para baixo** fazendo com que deslize.”*

*Mariana: “Ele rolaria a **rampa abaixo**”.*

Fátima: “Ele irá ir e rolar para os lados, pois ele não é redondo.”

Igor: “Ele vai rolar, descrevendo uma espécie de parábola. Algo assim” [desenho do aluno]



Alguns estudantes deram respostas bastante genéricas, como a de Fabício. Outros, como Fátima e Igor, parecem ter considerado que o formato do objeto (um cone, no caso), implicaria em um movimento não apenas descendente, mas também lateral. De fato, apesar de apenas Ivete ter explicitado a concepção de que o agente responsável pela descida do cone é a força da gravidade, acreditamos que essa concepção era comum a todos.

Há que se registrar que durante a aplicação dessa primeira questão, alguns alunos perguntaram se deveriam responder com relação a um cone ou a um cone duplo – dissemos que poderiam considerar a situação para um cone duplo.

Após a apresentação do experimento nas três configurações possíveis e antes de discutirmos a explicação física para os resultados observados, os estudantes responderam à segunda questão: “Explique o que faz o cone ficar parado, descer ou subir a rampa”. Seguem as respostas obtidas (grifos nossos):

Fabício: “O ângulo e como o cone é posicionado na rampa”.

Ivete: “Alguma coisa interfere ela rolar caso contrário ela rola ou tende”.

*Mariana: “A **concentração de massa** em uma determinada região do cone”.*

*Fátima: “Pois seu **centro de massa** esta equilibrado; pois seu **centro de massa** o força para descer; pois o **centro de massa** o força para subir”.*

Igor: “O cone fica parado descendo a rampa dependendo da angulação”.

A rigor, as respostas de Fabício, Ivete e Igor apenas descrevem o que eles observaram no experimento, ou seja, o fato de que variando o ângulo entre as pernas da rampa o resultado obtido é alterado. Já Mariana e Fátima parecem ter sido capazes de relacionar as diferentes movimentações do cone duplo ao conceito de centro de massa (que havia sido abordado antes da aplicação da primeira questão, ainda que de forma não relacionada ao experimento do cone duplo).

Nessa segunda etapa da atividade, os estudantes responderam também à terceira questão: “De que forma a gravidade influencia no movimento do cone?”. Seguem as quatro respostas obtidas (Fabício deixou a resposta em branco):

Ivete: “A gravidade puxa-o para o centro da Terra”.

Mariana: “Puxa o cone para baixo e movimenta-o”.

Fátima: “A gravidade faz com que o cone duplo se mantenha na rampa, e não saia roando”.

Igor: “A gravidade puxa o cone para baixo”.

Embora evidenciem em suas respostas a compreensão de que a força da gravidade é a responsável pelo movimento do cone duplo para baixo, os estudantes não evidenciam qual a função dessa força durante o movimento visualmente antigravitacional do cone, conforme observado em uma das configurações da rampa.

Os estudantes se mostraram bastante espantados quando da exibição do experimento em sua terceira configuração. Alguns indagaram em voz alta expressões como: “Como isso?”, “Impossível!” e “Só pode ter algum truque”. Outros procuravam explicações para o que tinham observado: “Deve ter algum ímã no meio do cone”, “É por causa do atrito”. De forma geral, notamos que o experimento funcionou como móbil da mobilização dos estudantes no que diz respeito à compreensão dos motivos que levaram o cone a, aparentemente, subir a rampa.

Após a explicação física para os resultados do experimento efetuada pelo professor da turma, os estudantes responderam às duas últimas questões. A primeira delas era: “Explique fisicamente a movimentação do cone”. A seguir, as respostas obtidas (grifos nossos):

*Fabrício: “A mudança do ângulo faz com que a superfície de contato aumente ou diminua, o que muda o **centro de massa**”.*

*Ivete: “O cone sobe ou desce conforme a **concentração de massa** que faz ter ou tende a ter movimento”.*

*Mariana: “O **centro de gravidade / de massa** o auxilia ao movimento”.*

*Fátima: “Pois conforme o seu **centro de massa** está é que irá acontecer”.*

Igor: “A movimentação do cone duplo depende da angulação da rampa a que ele for submetido”.

As respostas evidenciam que alguns estudantes parecem ter compreendido a explicação dada pelo professor, isto é, a de que a movimentação do cone duplo tem relação direta com a localização de seu centro de massa. Em outras palavras: eles parecem ter compreendido que é o movimento do centro de massa que deve ser avaliado – o centro de massa sempre irá seguir uma trajetória descendente e, conseqüentemente, o cone duplo não é um objeto antigravitacional, embora em alguns casos pareça.

Por fim, seguem as respostas obtidas para a última questão (“Como você explicaria a um amigo o conceito de centro de massa?”):

Fabrício: “Concentração de massa é o lugar do objeto onde se tem a maior massa”.

Ivete: “Concentração de massa é onde a massa se concentra, e se por exemplo um cone estiver em uma rampa ele sobe ou desce conforme a concentração de massa”.

Mariana: “Que está localizada no centro do objeto”.

Fátima: “Pergunta para o [nome do professor]!!”.

Igor: “Por meio de desenhos, eu mostraria como encontrar o centro de massa”.

Ainda que as respostas de boa parte dos alunos nos pareçam um tanto quanto confusas, displicentes (lembrando que a atividade não valia nota) e com baixo nível de especificidade, respostas como a de Ivete evidenciam que as atividades contribuíram para que alguns estudantes desenvolvessem certo entendimento sobre o conceito de centro de massa e sobre a relação entre este e a força gravitacional.

6. Considerações Finais

A exibição do experimento do cone duplo costuma ser acompanhada de certo inconformismo acerca do resultado obtido. A curiosidade e o interesse por seu mecanismo acabam trazendo à tona possíveis explicações, na grande maioria das vezes incoerentes com a explicação científica – uma vez que não é trivial afirmarmos que apesar de o cone parecer subir, seu centro de massa está descendo. Nesse sentido, defendemos a pertinência da mediação do professor junto à explicação física do experimento, abordando o conceito de centro de massa e sua relação com os movimentos gravitacionais, afinal:

O entendimento da necessidade da passagem da ação manipulativa para ação intelectual na construção do conhecimento - neste caso incluindo o conhecimento escolar - tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, constructos teóricos. [...] (Carvalho, 2013, p. 3).

Durante o desenvolvimento das atividades em sala de aula, notamos que o experimento atuou de maneira cativante junto aos alunos, favorecendo, também, a elaboração de conjecturas sobre o que estava ocorrendo. Assim, uma possibilidade que nos parece interessante é utilizar o experimento do cone duplo no contexto de práticas pedagógicas pautadas no ensino por investigação.

Tomando como base as análises que realizamos na última seção, apontamos também a possibilidade de utilização do experimento do cone duplo em diferentes níveis de ensino: desde o ensino fundamental até os cursos superiores de Física. Defendemos a pertinência dessa utilização tendo em vista não somente a possibilidade de serem abordados os aspectos físicos envolvidos, mas, sobretudo, considerando seus potenciais enquanto móbil para o estudo da Física e enquanto forma de desencadear discussões de cunho filosófico relacionadas à natureza da ciência – em especial, discussões sobre a natureza dos modelos científicos e a percepção sensorial humana.

Referências

- Alves, Z. M. M. B.; & Silva, M. H. G. F. D. (1992). Análise qualitativa de dados de entrevista: uma proposta. *Paidéia*, 2, 61-69.
- Araújo, M. S. T.; & Abib, M. L. V. S. (2003). Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194.
- Axt, R.; Bonadiman, H.; & Silva, M. T. X. (2000). Um experimento contraintuitivo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17(1), 27-32.
- Axt, R.; & Moreira, M. A. (1991). O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. *Revista de Ensino de Física*, 13, 97-103.
- Borges, A. T. (2002). Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Canalle, J.; & Moura, R. (1998). Duplo Cone, Quádrupla Finalidade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(3), 323-327.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 1-20.

- Charlot, B. (2000). *Da relação com o saber: elementos para uma teoria*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.
- Duarte, S. E. (2012). Física para o ensino médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29 (especial 1), 525-542.
- Engenharia de Papel. (2011). *Fantástico cone duplo mágico anti-gravidade*. Acesso em 04 dez. 2017, <http://engenhariadepapel.blogspot.com/search/label/Cone%20duplo%20anti-gravidade>.
- Galli, C. (1993). Produção de hologramas com equipamentos de baixo custo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10(3), 258-261.
- Hirata, M. K.; & Rigitano, R. C. (2005). *Centro de Massa* (Relatório de disciplina da Unicamp). 2005. Acesso em 15 jun. 2017, http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2005/Miguel K-Rigitano_RF.pdf.
- Laburú, C. E. (1995). Movimentos acelerados: um experimento de baixo custo para o 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(1), 53-55.
- Laburú, C. E. (2006). Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 23(3), 382-404.
- Laburú, C. E.; & Ferreira, N. C. (1996). Construindo um esferômetro e cilindrômetro (equipamentos de baixo custo). *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(2), 165-171.
- Medeiros, A.; & Medeiros, C. F. (2003). Desvendando o mistério do duplo cone. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 333-339.
- Moraes, J. U. B.; & Silva Junior, R. S. (2014). Experimentos didáticos no ensino de Física com foco na aprendizagem significativa. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 4(3), 61-67.
- Oliveira, A. G. M. I.; & Oliveira, I. T. P. (2001). Construção de uma pilha didática de baixo custo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(1), 101-107.
- Oliveira, C. E. S.; Fireman, E. C.; & Bastos, J. F. B. (2013). A solução atribuída a D'Alembert sobre a 'verdadeira força' é capaz de dirimir a polêmica ensejada pela crítica de Leibniz a Descartes? *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(3), 581-600.
- Quirino, W. G.; & Lavarda, F. C. (2001). Projeto "Experimentos de Física para o ensino médio com materiais do dia-a-dia". *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(1), 117-122.
- Santos, E. I.; Piassi, L. P. C.; & Ferreira, N. C. (2004). *Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada*. Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), Jaboticatubas.
- Vigotski, L. S. (2001). *Psicologia pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes.