

DISCUTINDO A QUEDA DOS CORPOS COM ESTUDANTES DO PROEJA A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

DISCUSSING THE FALL OF BODIES FROM EXPERIMENTAL ACTIVITIES TO PROEJA'S STUDENTS

João Paulo Casaro Erthal

Universidade Federal do Espírito Santo/DQF/jperthal@gmail.com

Marília Paixão Linhares

Universidade Estadual do Norte Fluminense/LCFIS/mariliapaixaolinhaires@gmail.com

Resumo

Neste artigo é discutida e detalhada a implementação de uma estratégia didática desenvolvida em uma turma do PROEJA (Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos). O ensino de ciências para essa modalidade educacional requer a elaboração de estratégias específicas devido à heterogeneidade desse público. A temática trabalhada foi queda dos corpos, assunto recorrente na mecânica, e a aula foi conduzida a partir de atividades experimentais exploradas numa perspectiva interacionista. A avaliação do processo teve como base a análise das interações sociais durante a aula e a comparação dos resultados de uma situação problematizadora inicial e de um teste final aplicado aos participantes.

Palavras-chave: Ensino experimental de Física, Interação Social, PROEJA, Queda dos corpos.

Abstract

A detailed implementation of a teaching strategy is discussed in this paper and it is developed in a classroom of PROEJA (a National Program for Integration of Professional and Basic Education in the Form of Education for Youth and Adults). The teaching of Science for this type of education requires the development of specific strategies due to the heterogeneity of this audience. The theme worked was Fall of Bodies, recurrent subject in Mechanics, and the class was conducted from experimental activities explored in an interactionist perspective. The evaluation of the process was based on an analysis of social interactions during the class and a comparison of the results of an initial problem-solving situation and a final test applied to the participants.

Keywords: Hands-on teaching of Physics, Social Interaction, PROEJA, Free Fall.

Introdução

Atualmente um dos segmentos com ampla oferta de vagas na educação brasileira é a Educação de Jovens e Adultos (EJA). Segundo os dados estatísticos fornecidos pelo INEP¹ (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira), no Brasil, são aproximadamente quatro milhões e seiscentos mil alunos matriculados na EJA. Esses dados reforçam o já difundido diagnóstico do grande número de jovens e adultos que não tiveram acesso ou não lograram conclusão na educação básica em idade própria. Inserido nessa modalidade está o Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos, o PROEJA, no qual os estudantes cursam o ensino médio junto a cursos profissionalizantes ou técnicos.

A EJA no Brasil, como modalidade nos níveis fundamental e médio, é marcada por descontinuidades e por ténues políticas públicas, insuficientes para dar conta da demanda potencial e do cumprimento do direito à educação, nos termos estabelecidos pela Constituição Federal de 1988.

O Parecer CNE/CEB nº 11/2000, por sua vez, destaca a necessidade de formulação de projetos pedagógicos próprios e específicos para a EJA, que levem em consideração o perfil e a situação de vida do aluno na sua organização, visto que essa modalidade apresenta especificidade social, cultural e etária, possuindo um olhar para jovens, adultos e idosos, que não tiveram acesso à escola na faixa etária da chamada escolarização (dos sete aos quatorze anos) ou foram “evadidos” ou “expulsos” da escola. Existe uma complexidade nessas especificidades que precisa ser considerada. Face ao processo educacional, entre os jovens, os adultos e os idosos, há diferenças de interesses, de motivações e de atitudes no âmbito das práticas pedagógicas.

Apesar dessa necessidade, poucos são os relatos de trabalhos e de estratégias voltadas para o ensino de Física investigadas e testadas com a EJA. Os resultados já consolidados de pesquisas para o ensino de Física no ensino médio regular não se estendem nem se aplicam totalmente à EJA, razão pela qual o presente trabalho se justifica.

O estudo da queda dos corpos

Em relação ao ensino de Física, um dos temas bastante intrigantes e discutidos no ensino médio e no ensino superior está relacionado à problemática envolvida na queda dos corpos. A compreensão de que o tempo de queda de um corpo independe de sua massa não é algo trivial, visto que diversas situações cotidianas auxiliam o observador a elaborar concepções equivocadas.

¹http://download.inep.gov.br/download/censo/2009/TEXTO_DIVULGACAO_EDUCACENSO_20093.pdf

A queda dos corpos foi estudada inicialmente por Aristóteles (384-322 a.C.) que defendeu a ideia de que corpos mais pesados devem cair mais rapidamente, uma vez que buscam “com mais urgência” o seu lugar natural (ROCHA, 2002). Aristóteles associou a velocidade de queda do corpo ao seu peso P , e pensou que qualquer objeto em queda atinge um valor limite de velocidade V , com a qual continua a se mover até o fim de sua trajetória. Posteriormente, reconheceu que existia um efeito do meio sobre a velocidade característica de queda, o que ele chamou de resistência R . Com isso a velocidade era diretamente proporcional ao peso e inversamente proporcional à resistência do meio, ou seja, $V \propto P/R$.

No início do século VI d.C., João Filoponus, filósofo de Alexandria, contestou a ideia de Aristóteles. Ele verificou que a afirmação de que após um intervalo de tempo em que a velocidade aumenta, os corpos adquirem velocidade constante, proporcional ao seu peso, era falsa. Para ele não havia proporcionalidade entre o tempo de queda de um corpo e sua massa, visto que se um corpo pesar o dobro de outro, haverá uma diferença imperceptível de tempo nas duas quedas se soltos no mesmo instante de uma mesma altura (CREASE, 2006).

Em 1586, Simon Stevin abandonou de mesma altura duas esferas de ferro, uma dez vezes mais pesada do que a outra, de uma altura de nove metros e notou que o impacto delas em uma tábua colocada no chão produzia praticamente um único som, ou seja, uma grande diferença entre as massas praticamente não determinava diferenças no tempo de queda (CREASE, 2006).

Mesmo com essas ideias sendo cogitadas, foi Galileu Galilei (1564-1642) que trouxe uma nova conotação ao problema. A grande conquista de Galileu foi demonstrar que a descrição do movimento, para ser expressa de forma apropriada, devia incorporar o fenômeno da aceleração, exigindo a elaboração de um modelo totalmente novo.

Galileu elaborou a Lei da Queda dos Corpos e verificou que o tempo de queda de um corpo independe de sua massa. Uma de suas dificuldades estava relacionada à medição dos tempos de queda, pois os corpos caem depressa demais. Para solucionar esse problema, ele observou o movimento de corpos em uma rampa, pois para rampas pouco inclinadas, quase horizontais, o movimento é lento, podendo ser medido com os instrumentos que dispunha, como, por exemplo, a quantidade de água escorrida de uma bica com vazão constante, os batimentos cardíacos sentidos em seu pulso ou o período de oscilação de um pêndulo.

No livro *Discursos e demonstrações matemáticas acerca de duas novas ciências*, que é apresentado sob a forma de um diálogo entre três personagens: Simplicio (empirista ingênuo, simpatizante de Aristóteles), Filippo Salviati (porta-voz de Galileu) e Giovanni Sagredo (interlocutor inteligente, ávido por novos conhecimentos), Galileu descreveu a utilização de um plano inclinado de 12 braças² de comprimento com uma canaleta perfeitamente retilínea e polida pela qual rolavam esferas de bronze.

² Doze braças equivalem a 21,95 metros.

O objetivo desse experimento era buscar a relação entre a distância percorrida e o tempo de queda das esferas. Quanto menor o ângulo de inclinação do plano, mais vagarosamente as esferas desciam e mais fácil era a análise do movimento. Galileu realizou medidas de tempo para descidas sobre todo o comprimento do plano inclinado, até a metade deste, até um quarto, até dois terços, e assim por diante. Por meio de experiências repetidas verificou que a distância percorrida era diretamente proporcional ao quadrado do tempo transcorrido nessa mesma distância (RIVAL, 1997).

Estudando o movimento de diferentes corpos sobre o plano inclinado, Galileu pode perceber que quando um objeto rola de cima para baixo no plano, está sujeito a uma aceleração, e que quando um objeto rola de baixo para cima no plano está sujeito a uma desaceleração. Ele utilizou uma abordagem matemática para explicar o ocorrido, chegando à conclusão expressa pela equação: $D = (1/2)at^2$ e caracterizando o movimento como sendo uniformemente acelerado. Dessa forma, Galileu confirmou que a queda dos corpos independe de suas propriedades (GALILEI, 1988; MORAES e FROTA, 2006 *apud* LUNAZZI e DE PAULA, 2007).

A experimentação relacionada à queda dos corpos se apresenta tão intrigante que os astronautas David Scott e Jim Irwin (1930-1991), pisando em solo lunar pela Apollo 15, realizaram o experimento da queda dos corpos ao deixar cair um martelo e uma pena de um falcão, verificando que caíam praticamente juntas na atmosfera rarefeita da Lua (WOODFILL, 2006 *apud* LUNAZZI e DE PAULA, 2007). Segundo as palavras do Comandante David Scott:

Acho que um dos motivos para estarmos aqui hoje é um senhor chamado Galileu, que viveu há muito tempo e fez uma descoberta importante sobre a queda de objetos em campos gravitacionais (CREASE, 2006, p.31).

A Queda dos Corpos numa sala de PROEJA

De acordo com Souza Filho *et al.* (2009) a queda dos corpos pode ser entendida como um fenômeno natural contra-intuitivo. Quando abandonamos uma folha de papel e uma pedra de uma mesma altura, verificamos que a pedra chega ao chão mais rápido que o papel. Segundo Hülsendeger (2004), o senso comum poderia nos induzir a pensar que esse fato ocorre devido à pedra ser mais “pesada” que o papel. O trabalho desenvolvido por esse autor procurou averiguar até que ponto as concepções dos alunos se assemelham às ideias de Aristóteles sobre a queda dos corpos. Para isso ele estruturou algumas atividades que envolviam a discussão dos resultados obtidos ao longo de sua pesquisa e a possibilidade da experimentação das informações que estavam emergindo durante as aulas. Ele utilizou experimentos, atividades de leitura e de interpretação de textos. A avaliação foi feita levando em conta critérios como: envolvimento nas atividades, entrega dos relatórios ao final de cada encontro e presença nas aulas. Esse autor iniciou o trabalho com algumas questões de sondagem, que exigiam um posicionamento dos alunos sobre o tema.

Para facilitar o posicionamento, Hülsendeger criou um diálogo, entre dois colegas fictícios com concepções diferentes sobre a queda dos corpos. Essa dinâmica serviu como referência para o teste final do presente trabalho.

Muitas pessoas acreditam que quanto maior a massa de um corpo mais rapidamente esse chegará ao solo. Apesar desse fato poder ser observado empiricamente, o tempo de queda de um objeto independe de sua massa e, podemos dizer que, a resistência do ar, geralmente, é a responsável por retardar o tempo de queda do objeto mais leve (SOUZA FILHO *et al.*, 2009).

Segundo Souza Filho *et al.* (2009), não é fácil convencer os alunos de que o tempo de queda de um objeto independe da sua massa. Além disso, o professor não dispõe de equipamentos demonstrativos sofisticados que possam mostrar que todos os objetos em queda adquirem a mesma aceleração.

O ensino de ciências praticado em nossas escolas tem sido criticado devido à falta de alternativas à aula expositiva do professor e à atitude passiva dos alunos em sala de aula. Pesquisas na área (CACHAPUZ, *et al.*, 2005; PINHO ALVES, 2000; LINHARES e REIS, 2008) têm apontado para a necessidade de se implementar recursos didáticos que envolvam os alunos em processos de observação, discussão, teste de hipóteses e construção de modelos explicativos para os fenômenos naturais (MONTEIRO *et al.*, 2009).

Conseguir fazer com que o estudante realmente se envolva em atividades em sala de aula pode ser uma tarefa mais complicada quando o público teve sua escolarização básica interrompida. Exemplos dessa natureza podem ser encontrados com mais facilidade em turmas de EJA, nas quais se matriculam alunos que estão há dez, vinte ou mais anos sem frequentar uma sala de aula.

Pontuando no aprendizado de conceitos físicos, pode-se dizer que a falta de periodicidade nos estudos, a timidez perante a retomada da escolarização numa turma de desconhecidos e o desinteresse pela disciplina podem atenuar esse envolvimento no ensino de Física para turmas de EJA.

Tendo essas considerações como base e a perspectiva de verificação de como alunos retornam à escola depois de um longo período de afastamento, foi realizado um trabalho que teve como objetivo geral apresentar e discutir a problemática da queda dos corpos em uma turma do PROEJA, de uma forma mais interativa e não apenas expositiva, como geralmente ocorre em sala de aula, visando verificar, também se uma estratégia didática baseada na experimentação e na interação social seria capaz de fazer com que os estudantes de uma turma do PROEJA se apropriem dos conceitos associados à queda dos corpos.

O referencial teórico-metodológico apoiou-se na teoria de Vygotsky (VYGOTSKY, 1988, 1989, 1996). Apesar de Vygotsky não ter escrito sua teoria com base na aprendizagem escolar, ela tem sido de grande valia para todos aqueles que buscam alternativas para melhor ensinar. Para esse autor, as relações do homem com o mundo não ocorrem diretamente, e sim de forma mediada pelo uso de instrumentos e signos.

Instrumentos e signos são palavras-chave na teoria de Vygotsky. A palavra constitui o signo fundamental no qual a linguagem deve ser entendida como um sistema complexo de signos. Para ele, o ponto de partida no processo de aprendizagem é a palavra, que desde o início, é uma generalização ou um conceito e a interação social entre os participantes de um grupo é essencial para que ocorra o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Nesse sentido, uma atividade de ensino em sala de aula que objetive utilizar elementos da teoria de Vygotsky deve privilegiar ações mediadas entre todos os envolvidos no processo, utilizando de instrumentos e signos capazes de auxiliar na mediação e a utilização de atividades experimentais como instrumento que auxiliem na mediação pode motivar os estudantes a interagirem mais ativamente durante as aulas.

Desenvolvimento dos experimentos

No início desse trabalho firmou-se uma parceria com um professor de Física de um Instituto Federal (IF), que disponibilizou algumas de suas aulas em uma turma do PROEJA para que se pudessem realizar as atividades da pesquisa.

A turma era composta por trinta e cinco estudantes sendo que vinte e sete tinham idade entre dezoito e vinte e cinco anos; e oito tinham idade entre vinte e seis e trinta e cinco anos. Não havia alunos com idade superior a trinta e cinco anos nessa turma. Vinte e um alunos possuíam emprego e apenas oito possuíam acesso a computador com internet em seus domicílios. Por ser um curso profissionalizante, o PROEJA tem atraído mais jovens, interessados em capacitação profissional, do que idosos, muitas das vezes interessados em se inserir na sociedade e ser reconhecidos como cidadãos.

Após a análise do planejamento das aulas, verificou-se a viabilidade da realização de um trabalho sobre a queda dos corpos com uma turma de Módulo 1 do PROEJA, a partir de uma estratégia utilizando atividades experimentais numa perspectiva interacionista.

Foram elaboradas cinco atividades experimentais com objetivos similares, porém com abordagens diferentes e complementares. A primeira atividade experimental utilizou corpos com formatos e massas diferentes (Figura 1A); a segunda utilizou corpos com mesma massa e formatos diferentes (Figura 1B); a terceira utilizou corpos de massas diferentes e formatos iguais, de modo que um pedaço de chumbo era introduzido em um dos potes de filme fotográfico (Figura 1C). Na quarta atividade foi utilizado um tubo de Newton³, de aproximadamente um metro de comprimento, no qual havia uma pequena esfera de borracha e uma pena (Figura 2). Por fim, a quinta atividade experimental foi uma adaptação da ideia explicitada no trabalho de Lunazzi e De Paula (2007), no qual é

³ Tubo de vidro fechado numa extremidade e com uma válvula de passagem na outra, utilizada para efetuar vácuo. Internamente são introduzidos dois materiais com diferentes massas e formatos. Utilizado para demonstrar que a gravidade é exercida igualmente em todos os corpos.

proposto um modelo para minimizar os efeitos da resistência do ar sobre os corpos (Figura 3).



Figura 1 - Materiais utilizados para realizar as atividades experimentais: A) pena e chumbada; B) Folhas de papel; C) Potes com massas diferentes.

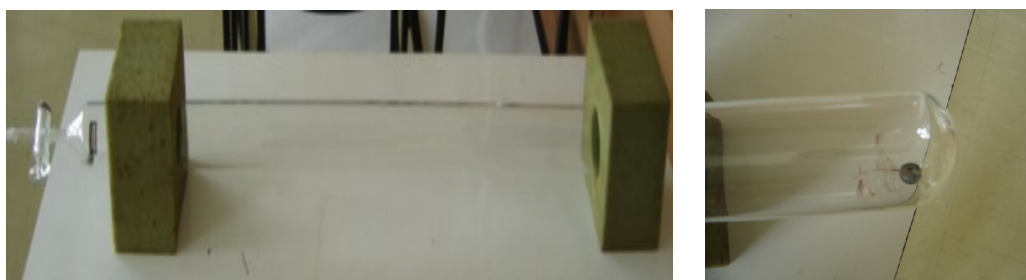


Figura 2 - Tubo de Newton utilizado durante a aula.



Figura 3 - Parafuso e pena no interior de pote transparente utilizados na aula.

Nessas atividades é fundamental a introdução de questionamentos desafiadores que façam os alunos refletirem e interagirem. Para maior eficiência do processo de aprendizagem, as atividades experimentais devem ser conduzidas de modo a permitir o questionamento por parte dos alunos, incentivando-os a buscarem explicações para os fenômenos estudados, possibilitando a elaboração de novas ideias a partir de suas próprias vivências e a criação de um ambiente propício para o desencadeamento de interações sociais entre os participantes do processo.

A aula teve início com uma conversa com os estudantes explicitando o tipo de trabalho que seria realizado e o tema central de estudo. O instrumento de coleta de dados nessa etapa foi a vídeo gravação, com utilização de dois aparelhos. O pesquisador pediu autorização para que a aula fosse filmada, para que uma análise posterior pudesse ser feita e todos concordaram. As gravações foram posteriormente transcritas e analisadas pelo pesquisador.

Na sequência, os alunos participantes foram solicitados a responderem duas questões (Quadro 1), que compunham a situação problematizadora inicial que objetivou identificar os conceitos espontâneos dos alunos sobre o tema.

Concepções sobre a queda dos corpos

Em uma aula de Física, o professor pediu a seus alunos para investigarem o problema da queda dos corpos. Propôs para que eles utilizassem objetos simples, como uma pedra e uma folha de papel e que soltassem esses objetos separadamente de uma mesma altura do solo para chegarem a suas próprias conclusões.

1 – Imagine que você faça parte desse grupo de alunos e que tenha feito tal experimento com a pedra e a folha de papel. Imagine ainda que um colega possa medir o tempo de queda de cada um desses corpos com um cronômetro. Qual dos dois levará menos tempo para chegar ao solo, ou seja, qual chegará mais rapidamente ao chão? Justifique sua resposta.

2 – Como você faria para medir o tempo de queda desses corpos se vivesse em uma época em que não existissem relógios?

Quadro 1 - Situação problematizadora inicial.

Os estudantes tiveram quinze minutos para responder às questões. A apreciação dessa etapa, realizada em momento posterior à aula, mostrou o desconhecimento dos alunos sobre o tema.

Após recolher as respostas de todos os estudantes, o pesquisador explanou que naquele dia estava-se realizando uma atividade sobre um dos temas recorrentes na mecânica, a queda dos corpos, e que vários foram os cientistas que tentaram explicar esse fenômeno ao longo da história, dentre eles: Aristóteles, Ptolomeu, João Filoponus e Galileu Galilei. O pesquisador perguntou aos alunos o que haviam respondido na primeira questão da situação problematizadora inicial e a grande maioria disse que a pedra chegaria primeiro ao chão. Um aluno respondeu que os objetos caíam juntos e outro disse que “depende”. O pesquisador perguntou do que dependia e assim ocorreu o intercâmbio de informações:

Aluno 1: “*Depende se estiver no vácuo ou não.*”

Aqui se verifica certo grau de conhecimento do aluno sobre o assunto. Esse mesmo aluno comentou:

Aluno 1: *“No vácuo não vai ter atrito.”*

Pesquisador: *“Atrito entre quais corpos?”*

Aluno 1: *“Não tem atrito com o ar.”*

O pesquisador perguntou se todos os estudantes concordavam com essa ideia e muitos discordaram. Foi então perguntado o que, na opinião deles, influenciava na queda dos corpos. Várias respostas foram dadas: atrito, peso, gravidade, densidade, formato. Nesse momento, o pesquisador recorreu à primeira atividade experimental e soltou uma chumbada de pescaria e uma pena de uma mesma altura. Verificou-se que a chumbada chegou ao chão primeiro. Eis que surge a grande questão: por que ela caiu mais rapidamente?

A grande maioria disse que a chumbada caiu mais rapidamente porque ela era mais pesada ou mais densa. Apenas dois alunos discordaram, adeptos de que no vácuo os objetos cairiam ao mesmo tempo, porém não sabiam dar melhores explicações sobre o ocorrido.

Durante a interação, o pesquisador constatou que a grande maioria deles acreditava que um corpo mais pesado cai mais rápido do que um corpo mais leve. Nesse momento um aluno fez o seguinte comentário:

Aluno 2: *“Não pode! Se eu soltar um quilo de algodão junto com um quilo de chumbo, eles não chegarão juntos ao solo, mas os dois têm um quilo.”*

O pesquisador pegou duas folhas de papel (Figura 1B) e perguntou aos estudantes se elas eram iguais e praticamente de mesma massa. Todos disseram que sim. Uma das folhas foi dobrada e os alunos foram questionados se a massa dela alteraria por esse fato. Eles responderam que não e concordaram que estariam sendo investigados dois objetos de massas iguais. A folha dobrada e a folha esticada foram abandonadas da mesma altura e verificou-se que a folha dobrada chegou mais rapidamente ao piso. O pesquisador perguntou o que poderia ser concluído com esse experimento e alguns alunos responderam que o peso, ou a massa, não influenciava no tempo de queda de um corpo.

O pesquisador realizou novamente o experimento, porém agora amassou a folha que estava esticada e soltou junto à folha dobrada. Os estudantes perceberam que quanto mais a folha era dobrada, mais parecido ficava seu tempo em relação à folha que foi amassada. O pesquisador perguntou por que isso estava acontecendo e os alunos responderam:

Aluno 3: *“Porque o atrito está diminuindo.”*

Pesquisador: *“E por que o atrito está diminuindo?”*

Aluno 3: *“Porque diminuiu a área de contato.”*

Nesse momento um aluno interagiu com um colega:

Aluno 4: *“Não disse que o formato influencia!”*

Para testar essa proposição o pesquisador pegou dois tubinhos de filme fotográfico de mesmo formato, sendo que um estava vazio e o outro com uma chumbada em seu interior (Figura 1C). O pesquisador pediu para que um aluno avaliasse se os tubinhos tinham massas diferentes e ele disse que isso era fácil de ser percebido.

O pesquisador então perguntou se ele soltasse os dois tubinhos, juntos e de uma mesma altura, qual chegaria mais rapidamente ao solo. Mesmo após a atividade com as folhas de papel alguns estudantes responderam que o mais pesado cairia primeiro. Nesse momento o pesquisador interagiu de modo que os alunos refletissem sobre o que estavam dizendo e sobre o que haviam visualizado:

Pesquisador: *“Mas o que nós acabamos de concluir com as folhas de papel?”*

Aluno 5: *“Vão chegar juntas.”*

Pesquisador: *“Porque vão chegar juntas.”*

Aluno 4: *“Por causa que o formato é igual e o peso não conta.”*

O pesquisador soltou os tubinhos da mesma altura e os alunos observaram que ambos chegaram juntos ao solo. Esse procedimento foi realizado diversas vezes a partir de diferentes alturas. Durante esse processo vários estudantes interagiram, porém foi dado foco na fala de um deles:

Aluno 6: *“Apesar das massas serem diferentes, a área de contato é a mesma, por isso chegam juntas.”*

Como inicialmente dois estudantes haviam dito que os corpos cairiam juntos se estivessem no vácuo, o pesquisador perguntou o que eles entendiam por vácuo.

Aluno 1: “É um lugar onde existe pouco ou nenhum ar.”

Pesquisador: “Então se soltarmos dois corpos de diferentes massas em um local com pouco ou nenhum ar os veremos tendo o mesmo tempo de queda?”

Aluno 7: “Acho que sim.”

Aluno 1: “Não tem interferência do ar no vácuo, vão cair juntinhas lá.”

Para testar tal ideia foi utilizado um Tubo de Newton (Figura 2). O pesquisador explicou que no interior tubo havia sido feito um pequeno vácuo e que o ar atmosférico dentro do tubo era mais rarefeito do que o ar existente na sala de aula.

Os estudantes acompanharam a atividade, que foi repetida diversas vezes devido à dificuldade para visualizar os corpos caindo simultaneamente, e ficaram impressionados com o efeito.

Pesquisador: “O que podemos concluir com esse experimento?”

Aluno 8: “Que se não tiver ar, os corpos pesados e leves caem juntos.”

Pesquisador: “Mas qual é a influência do ar nesse processo?”

Aluno 7: “É ele que gera o atrito com o corpo, sem atrito eles caem juntos.”

O pesquisador então citou o experimento realizado na Lua com o martelo e a pena, ressaltando que lá a atmosfera é muito tênue. Para dar continuidade à ideia da influência da resistência do ar na queda dos corpos, também apresentou um modelo no qual a resistência do ar sobre os corpos em análise é eliminada. A ideia foi baseada no trabalho de Lunazzi e De Paula (2007) e a confecção do modelo foi explicada para que os alunos interessados pudessem reproduzi-lo.

O experimento consiste em um pote cortado e moldado a partir de uma garrafa pet, com um parafuso e uma pena no seu interior, apoiadas no fundo do pote, o qual elimina a ação da resistência do ar sobre os dois corpos (Figura 3).

O pesquisador perguntou aos alunos quem chegaria primeiro ao solo se soltasse a pena e o parafuso fora da garrafa. Eles responderam que seria o parafuso, pois a resistência do ar sobre a pena era maior. Foi perguntado aos alunos o que aconteceria se os dois corpos fossem soltos da mesma altura, porém dentro da garrafa, ao que responderam:

Aluno 9: “Chegarão juntos ao chão.”

Pesquisador: “Por quê?”

Aluno 9: “Porque vão acompanhar o movimento da garrafa.”

Aluno 8: “Porque o atrito é o mesmo nos dois agora... mas tem atrito?”

Pesquisador: “Para que serve o fundo plano da garrafa?”

Aluno 8: “Para eliminar o atrito com os corpos. Então não tem!”

Aluno 6: “Se não tem atrito sobre eles vão cair juntos.”

O experimento foi realizado diversas vezes para que todos pudessem verificar que eliminando a resistência do ar sobre os dois corpos, eles chegariam juntos ao solo. Após toda essa discussão com base em atividades experimentais, o pesquisador questionou qual o fator que determina a variação no tempo de queda de diferentes corpos. Os alunos responderam que a resistência que o ar oferecia à passagem dos corpos era o principal fator.

Em seguida, os alunos foram questionados sobre o que eles responderam na segunda questão da situação problematizadora inicial, a qual tratava da medição do tempo de queda de um corpo numa época em que não existiam relógios. A maioria disse que fazia contagem mental e apenas um aluno citou um aparelho, que foi a ampulheta. O pesquisador comentou sobre a pouca precisão de uma contagem mental e explicou quais eram as alternativas para a marcação de tempo na época em Galileu Galilei investigou a queda dos corpos.

Após uma breve discussão sobre a dificuldade para marcar e comparar pequenos intervalos de tempo naquela época, o pesquisador questionou como Galileu chegou às suas conclusões. Não obtendo respostas, o pesquisador explanou sobre a lenda do experimento da queda dos corpos na torre de Pisa, a qual é contestada pela maioria dos historiadores, e sobre o experimento com o plano inclinado, realizado em 1604 (HAMMES e SCHUHMACHER, 2011), com o qual Galileu comprovou matematicamente suas proposições sobre o movimento de queda dos corpos.

O pesquisador falou da importância da realização desse experimento para a metodologia científica moderna. Nesse momento foi projetado e discutido o vídeo no qual os astronautas soltam o martelo e a pena na Lua. Alguns alunos solicitaram o *link*⁴ do vídeo para poderem assisti-lo novamente.

Um mês após essa atividade, realizou-se uma etapa da avaliação da aprendizagem. O pesquisador foi à sala de aula e pediu para os alunos responderem um teste sobre a queda dos corpos. Os estudantes tiveram trinta minutos para interpretar e responder as questões e após a entrega dos testes pelos estudantes foi realizada uma breve discussão sobre o que eles haviam respondido. As questões utilizadas nessa etapa (Quadro 2) foram adaptadas de um trecho do trabalho de Hülsendeger (2004).

⁴ <http://www.youtube.com/watch?v=HqcCpwleiu4>

Diálogo sobre a queda dos corpos

Dois alunos de um Instituto Federal estavam discutindo após uma aula de mecânica, a queda dos corpos sob diferentes pontos de vista, sendo que um tentava convencer o outro que tinha razão.

João: Um corpo com maior peso cai mais rápido que um corpo com menor peso, quando largados de uma mesma altura. Eu posso provar isso largando uma pedra e um pedaço de isopor. Percebeu como a pedra chegou antes? Viu como tenho razão?!

Paulo: Eu discordo! Posso deixar uma folha aberta e esticada de papel cair e em seguida soltar da mesma altura uma folha semelhante, porém amassada, que essa chegará primeiro ao chão. Como isso é possível se o peso da folha amassada ou esticada é o mesmo? De acordo com sua ideia deveria cair do mesmo jeito. Tem que ter outra explicação!

1 - Com qual dos alunos você concorda? Justifique.

2 - Imagine que você tem que provar o que está dizendo na resposta anterior, e que uma maneira interessante seria medir o tempo de queda dos corpos. Porém, imagine que você está no século XVI, numa época em que não existiam relógios como os que conhecemos atualmente para fazer essa medição. Como você realizaria a medida do tempo sem ter um relógio à mão?

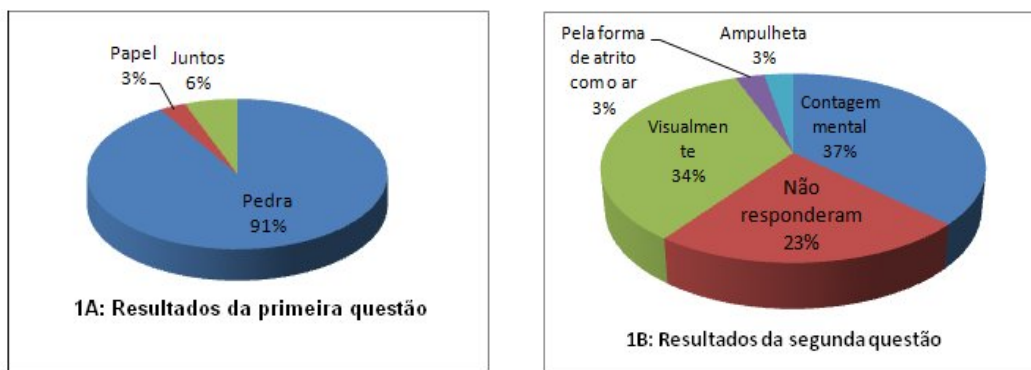
3 - Como você provaria seu ponto de vista sem precisar medir o tempo de queda dos corpos?

Quadro 2 - Teste final aplicado aos alunos.

Os dados coletados na situação problematizadora inicial e no teste final foram tabulados usando o software SPSS 16.0 e analisados a partir do uso de estatísticas descritivas.

Resultados

A análise das respostas da situação problematizadora inicial (Quadro 1) mostrou que 91% dos estudantes dessa turma acreditavam que a pedra cai mais rapidamente (Gráfico 1A) porque é mais pesada, tem mais massa, ou é mais densa. Além disso, indicou que esse grupo de estudantes desconhecia técnicas antigas de medição de tempo (Gráfico 1B). Os resultados das duas questões respondidas inicialmente pelos alunos são apresentados a seguir.



Gráficos 1A e 1B- Resultados da situação problematizadora inicial.

Algumas repostas para a primeira questão podem ser vistas a seguir:

“A pedra, pois é bem mais pesada que a folha de papel.”

“A pedra devido ela ser mais densa que o papel.”

“A pedra, pois seu peso é maior e isso dará a ela maior velocidade.”

Foram encontradas respostas que faziam alguma referência à geometria dos corpos:

“A pedra chegará ao chão mais rápido, porque ela é mais pesada. A folha de papel por ser mais leve, também pode sofrer influencia do vento.”

“A pedra porque é mais pesada que o papel. Como o papel é mais plano isso faria ele planar por alguns segundos a mais.”

Apenas um estudante acreditou que o papel chegaria primeiro, sem maiores justificativas e outros dois responderam que os corpos chegariam juntos com explicações interessantes:

“A pedra corta o ar com mais rapidez. Se fosse no vácuo cairiam juntos.”

“Os dois objetos chegariam juntos ao mesmo tempo ao chão, pois independente da massa deles o que atrai é a gravidade exercida sobre eles.”

Contrapondo os resultados da situação problematizadora inicial e do teste final aplicado um mês depois da aula, pôde-se constatar uma evolução nas ideias desses estudantes sobre o tema.

Na primeira questão do teste final, 84% dos estudantes concordaram com as ideias de Paulo, personagem fictício que contesta a concepção de que um corpo pesado cai mais rápido que um corpo leve. Esses resultados são apresentados no gráfico 2.

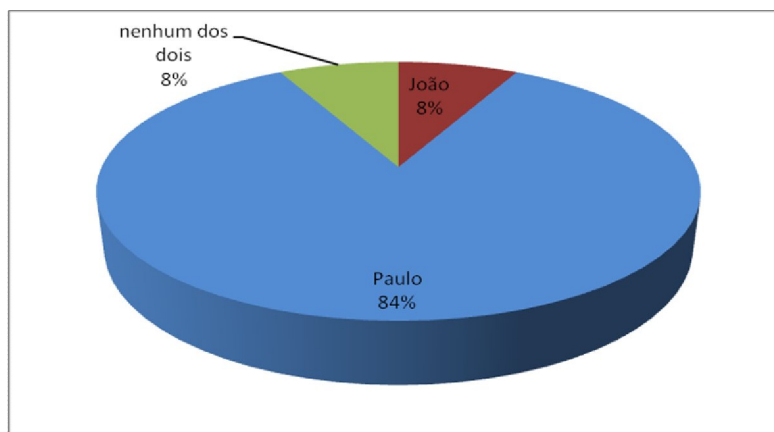


Gráfico 2 - Resultados da primeira questão do teste final.

Algumas respostas dadas pelos estudantes podem ser vistas a seguir:

“Eu concordo com Paulo porque não é o peso que influencia na velocidade da queda de algum objeto. A forma do objeto, ou seja, sua área de contato é o que influencia na velocidade de sua queda.”

“Paulo. O que influencia na queda de dois corpos é a resistência do ar e não o peso.”

“Paulo, porque as folhas tem o mesmo peso, mas a folha esticada tem um atrito maior com o ar e por isso cai depois.”

“Com Paulo, pois não é o peso que conta na hora de medir qual corpo cai primeiro, e sim qual é a sua resistência com o ar, se é grande ou pequena. Quanto maior sua resistência com o ar, mais devagar esse corpo vai cair.”

Esses resultados mostram uma evolução nas ideias desses estudantes sobre o assunto. Na situação problematizadora inicial, cerca de 91% acreditava que quanto mais pesado o corpo mais veloz era sua queda, enquanto que no teste final apenas 8% permaneceu com essas concepções.

Na segunda questão do teste final, a qual estava presente na situação problematizadora inicial, percebe-se que as discussões em sala de aula foram cruciais para que boa parte dos alunos referenciasse algumas das técnicas antigas de contagem de tempo como a ampulheta e o pêndulo. Percebe-se também referências ao plano inclinado discutido em aula. No entanto, alguns estudantes permaneceram com as mesmas ideias que possuíam, fazendo referência à contagem mental para medidas de tempo (Gráfico 3).

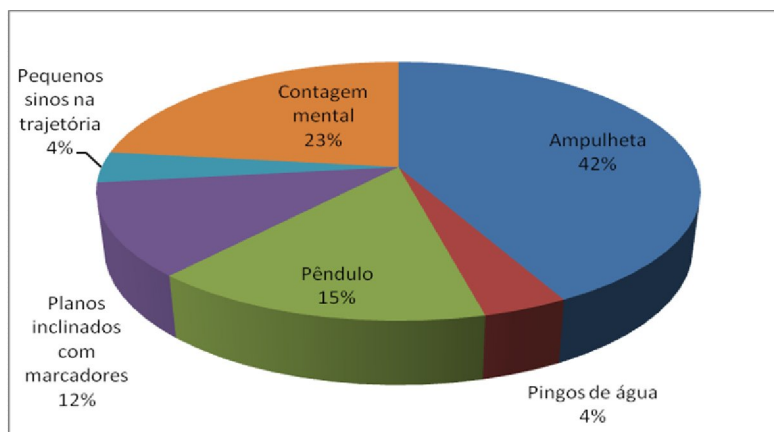


Gráfico 3 - Resultados da segunda questão do teste final.

Na terceira questão do teste final, mais da metade dos alunos citou alguma das atividades experimentais realizadas durante a aula (Gráfico 4), o que mostra o quanto essas atividades foram significativas e importantes para a apropriação dos conceitos.



Gráfico 4 - Resultados da terceira questão do teste final.

Algumas respostas dos estudantes são apresentadas a seguir:

“Eu soltaria objetos diferentes mas de mesma massa juntos de uma mesma altura.”

“Colocaria uma bolinha e uma pena dentro de um tubo de Newton e observaria quem cairia primeiro.”

“Realizaria uma experiência soltando diferentes objetos.”

Considerações Finais

O estudo em questão visou avaliar uma estratégia didática para o ensino de conceitos físicos envolvidos na queda dos corpos para o público da EJA, que é um público heterogêneo, com boa parcela dos estudantes afastada da escola há muito tempo. De acordo com Erthal (2011), em uma pesquisa realizada com professores de Física de turmas de jovens e adultos no norte fluminense, uma das dificuldades mais mencionadas em relação ao ensino de Física está relacionada à falta de conhecimentos matemáticos dos alunos. Em vista disso, a estratégia utilizada em sala de aula teve foco na discussão conceitual e na lapidação dos conceitos espontâneos dos estudantes sobre o tema, a partir da utilização de atividades experimentais.

Um fator a ser destacado é que a atividade experimental pode propiciar um maior envolvimento do aprendiz. Em vista disso, o professor deve estar atento aos questionamentos e discussões que envolvem os experimentos, os quais são fundamentais para o direcionamento na formação dos conceitos e na participação efetiva na atividade. É importante que o professor, ao conduzir as atividades e as discussões, faça perguntas que levem os alunos a refletirem.

Após a aula, o pesquisador conversou com o professor da turma para saber suas impressões. O professor elogiou o trabalho e disse que nunca havia visto tantos alunos daquela turma participando e discutindo sobre a temática abordada na classe.

No princípio da aula, o pesquisador constatou que os estudantes pareciam apreensivos em relação ao que seria realizado. Com o início da discussão e da utilização das atividades experimentais, os alunos foram demonstrando mais interesse e motivação. Após a análise da filmagem constatou-se que as interações sociais ocorreram de maneira equilibrada, com nove alunos participando efetivamente do processo, onze alunos com participação menos ativa e o restante sem participação.

Pode-se destacar que alguns estudantes demonstraram evolução conceitual durante as interações ocorridas em sala de aula. Comparando os resultados da situação problematizadora inicial com os do teste final, pode-se concluir que a maioria dos estudantes adquiriu ideias, conceitos ou conhecimentos físicos relevantes em relação ao tema.

Outro fator a ser destacado é que mesmo após a realização desse trabalho, alguns alunos mantiveram seus conceitos espontâneos, o que mostra que as atividades podem não ter sido significativas para esses estudantes. Isso comprova como certas concepções ficam enraizadas nas ideias dos alunos e como é difícil fazer com que elas se modifiquem. Desde a década de 1970, a análise de concepções de alunos tem gerado diversos trabalhos como os realizados por Viennot (1979), Driver (1986) e Gil Pérez (1986). Esses trabalhos evidenciaram que os conceitos espontâneos surgem da interação do aluno com o ambiente e que são, na maioria das vezes, muito resistentes à mudança.

Pode-se classificar a estratégia didática baseada em atividades experimentais e na interação social como positiva e facilitadora do aprendizado de conteúdos de Física para turmas de PROEJA. Mesmo assim, é necessário salientar que não é possível afirmar que

houve a apropriação dos conceitos por parte dos estudantes, visto que esse trabalho foi realizado em duas aulas consecutivas, em um único dia, e que a avaliação posterior focou no que foi discutido em sala de aula, sem a utilização de situações inusitadas.

O trabalho em turmas de EJA requer posicionamentos e atitudes do professor, diferentes das que são empregadas no ensino médio regular. É imprescindível a ampliação de discussões específicas na formação inicial e continuada de professores que foquem na capacitação para o trabalho com a EJA e no conhecimento das especificidades desse público.

Espera-se que esse trabalho possa auxiliar professores e educadores na elaboração e desenvolvimento de aulas mais significativas para os estudantes, aparecendo como mais uma estratégia didática de fácil reprodução e desenvolvimento.

Referências

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf

Acesso em: 17/08/2012.

_____. INEP Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Resultados do Educacenso**. Disponível em: <http://www.educasensomec.inep.gov.br/basica/censo/Escolar/Sinopse/sinopse.asp>

Acesso em: 02/08/2012.

_____. **Resolução CNE/CEB 11/2000**. Aprova as diretrizes nacionais para educação de jovens e adultos. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/eja/legislacao/parecer_11_2000.pdf Acesso em: 03/08/2012.

CACHAPUZ, A. et al. (Org.). **A necessária renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

CREASE, R. P. **Os dez mais belos experimentos científicos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006, 196p.

DRIVER, R. Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza da las Ciências**, v. 4, n. 1, p. 3-15, 1986.

ERTHAL, J. P. C. **Estabelecimento de relações entre a formação inicial de professores de Física e o ensino dessa disciplina para jovens e adultos: uma investigação pautada em atividades experimentais**. 2011, 221f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.

GALILEI, G. **Dois Novas Ciências**. Tradução: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. 2 ed. São Paulo: Nova Stella Editorial e Ched Editorial, 1988.

GIL PERES, D. La metodologia científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.

HAMMES, O.; SCHUHMACHER, E. O plano inclinado: uma atividade de modelização matemática. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.6, n.2, p. 66-85, 2011.

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

LINHARES, M. P.; REIS, E. M. Estudos de caso como estratégia de ensino na formação de professores de Física. **Revista Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, 2008.

LUNAZZI, J. J.; DE PAULA, L. A. N. Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 319-325, dez. 2007.

MONTEIRO, M. A. A. et al. Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p.367-378, 2009.

MORAES, M. C. M.; FROTA, P. R. Calculando com Galileu: Os desafios da Ciência Nova. In: LUNAZZI, J. J.; DE PAULA, L. A. N. Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 319-325, dez. 2007.

PINHO ALVES, J. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000, 302f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

RIVAL, M. A. **Os Grandes Experimentos Científicos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

ROCHA, J. F. M. **Origens e Evoluções das Idéias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

SOUZA FILHO, M. P. et al. A construção do conceito sobre a queda livre dos corpos por meio de atividades investigativas. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis: 2009.

WOODFILL, J. Space educators' handbook/Nasa lunar feather drop home page. In: LUNAZZI, J. J.; DE PAULA, L. A. N. Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 319-325, dez. 2007.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

VYGOTSKY, L. S. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: ICONE, 1988.

_____. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

_____. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.