



Uma abordagem investigativa para o estudo da elasticidade

An investigative approach to the study of elasticity

Saulo Diles^{1,2}

¹Campus Salinópolis, Universidade Federal do Pará - UFPA, 68721-000, Salinópolis, Pará, Brasil.

²Unidade Acadêmica de Física, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, 58429-900 - Campina Grande-PB. E-mail: smdiles@ufpa.br

Resumo: Este trabalho apresenta uma proposta de atividade investigativa o ensino da força elástica. A ideia é utilizar as tão populares ligas de borracha no ensino de Física na educação básica, fazendo com que os estudantes experimentem na prática as propriedades de elasticidade e a os efeitos da força elástica. Os estudantes irão "brincar" de disparar a liga elástica e toda esta dinâmica será vista como um procedimento experimental onde os estudantes, em equipes, buscam formas de executar o experimento e medir as grandezas físicas a ele associados. A proposta é detalhada desde a sua concepção teórica, seus materiais e métodos, o papel do professor como coordenador da atividade e o papel dos estudantes como atores protagonistas do processo. Também são discutidas alternativas que viabilizem a execução da proposta diante de situações adversas como escassez de recursos de custeio.

Palavras-Chaves: ensino de Física; força elástica; metodologias ativas; ensino por investigação

Abstract: This work presents a proposal for an investigative activity on teaching elastic force. The idea is to use the popular rubber alloys in teaching Physics in basic education, making students experience in practice the properties of elasticity and the effects of elastic force. Students will "play" firing the elastic alloy and this whole dynamic will be seen as an experimental procedure where students, in teams, look for ways to carry out the experiment and measure the physical quantities associated with it. The proposal is detailed from its theoretical conception, its materials and methods, the role of the teacher as coordinator of the activity and the role of students as protagonists in the process. Alternatives are also discussed that make it possible to execute the proposal in the face of adverse situations such as lack of funding resources.

Keywords: physics teaching; elastic force; active methodologies; research-based teaching

1. Introdução

O ensino da elasticidade é uma peça fundamental para o funcionamento do aprendizado da ciência Física pelos estudantes de ensino médio. A característica de retornar sua forma original após deformações que as molas e ligas elástica apresentam se faz presente em diversas tecnologias de uso cotidiano como os botões de um controle remoto, os suportes para pilhas do tipo palito, os amortecedores usados em veículos e em mecanismos de abre/fecha usados em canetas com bico retrátil, por exemplo. Este convívio cotidiano com o fenômeno da elasticidade deve ser aproveitado em sala de aula no ensino da força elástica visando-se uma aprendizagem significativa por parte dos alunos [1].

O tema da elasticidade costuma ser apresentado em termos da força elástica que surge no contexto das discussões sobre a Segunda Lei de Newton, como em [2]-[3], e em particular no que diz respeito às chamadas "Leis de Força". Sendo a força elástica descrita pela Lei de Hooke e sintetizada pela expressão de sua intensidade em uma única direção: $F_{el} = -k\Delta x$, onde o sinal negativo indica que a força é restauradora, Δx é a medida da distorção da mola ou da liga elástica e k é a constante de mola ou constante elástica. Destacamos que a mola é caracterizada por duas grandezas: seu comprimento relaxado e sua constante elástica. Sendo assim, para caracterizar uma mola o estudante em formação precisaria executar medidas de seu comprimento relaxado assim como de sua constante de elástica. Medir a constante elástica não é uma tarefa tão simples, porém é uma tarefa que está ao alcance dos estudantes do Ensino Médio.

A abordagem do tema possui um "vício" no ensino de física: sempre se apresenta a noção de força elástica pela situação de equilíbrio estático onde uma mola presa em

Citação: Saulo Diles. Dominó astronômico: uma estratégia para a aprendizagem significativa no ensino fundamental. Cad. Fís. UEFS, 22(01):1202.1-09, 2024.

Recebido: 10/05/2024

Aceito: 21/06/2024

Publicado: 28/06/2024



Copyright: © 2024 Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

superfície vertical é esticada pela ação de um objeto preso em sua base. Neste sentido diversas abordagens já foram propostas e empregadas, conforme discutido, por exemplo, nas Ref.'s [4] e [5]. O objetivo deste trabalho é propor uma forma alternativa de se trabalhar força elástica sem fazer uso deste tipo de sistema já tão consolidado. A ideia é introduzir uma atividade investigativa [6] onde os estudantes vão trabalhar diretamente com ligas elásticas, que serão utilizadas para produzir seu próprio arremesso. Neste processo os estudantes são responsáveis por todo o processo de uso das ligas, de mensuração de grandezas físicas que a caracterizam tanto a liga quanto o arremesso produzido, da maior parte da análise de dados e da "determinação experimental" da constante elástica da liga.

Muitos de nós quando criança temos contato com brinquedos cujo funcionamento é baseado em um processo onde uma liga elástica é esticada impulsionando um objeto a ser arremessado. Um exemplo moderno, e recentemente estudado, é o lançador de carrinhos *Hot Wells* [7] que usa um elástico para impulsionar carrinhos em uma pista. Exemplos mais tradicionais como o badoque e o arco e flecha, por exemplo, aparecem nos relatos de infância feitos por indígenas como é mencionado em [8]. O badoque, também conhecido por outros nomes como o estilingue ou atiradeira [9], é um brinquedo onde uma madeira em formato de "Y" serve como suporte para amarrar duas ligas de borracha presas que se unem em um suporte central, normalmente uma faixa de couro, onde se coloca o projétil a ser disparado. O contato prévio com estes brinquedos cujo funcionamento se baseia na elasticidade de um material fornecem de forma subjetiva um significado ao aprendizado por meio da prática que propomos.

A organização deste artigo é a seguinte: na Seção 2 é apresentada em detalhes a proposta de atividade prática com o arremesso da liga elástica, na Seção 3 é discutida uma modelagem simplificada do arremesso e é obtida a expressão para a constante elástica da liga em termos dos parâmetros medidos durante a prática, na Seção 4 é estruturada uma sequência didática para execução e avaliação da prática e na Seção 5 são feitos comentários finais.

2. Elasticidade na prática

O discurso de protagonismo do estudante que já vinha ganhando força no âmbito das metodologias ativas alcança, na visão do autor, seu mais alto patamar com a implementação de fato do novo ensino médio [10]. Este protagonismo deve ser conquistado pelo estudante a partir de suas próprias experiências e vivências que embasam o desenvolvimento de seu conhecimento científico. A partir das observações, questionamentos e até mesmo decepção ao se deparar com fenômenos reais. No caso do ensino da força elástica, a condição de manipuladores do material a ser estudado, as molas e ligas elásticas, favorece o alcance de um protagonismo por parte dos estudantes, pois estes são os candidatos a dominarem as técnicas necessárias para a prática.

A atividade a ser realizada consiste em disparar ligas de borracha usando um mecanismo de autopropulsão simples. A liga é "encaixada" na mão por um(a) estudante de modo que permaneça esticada. Uma das pontas da liga é posta na palma da mão, onde será pressionada pelo dedo anelar. A outra ponta da liga deve ser esticada, passando por trás do polegar, em direção ao dedo indicador, que permanecerá esticado e apontando para a frente, enquanto o dedo polegar deverá permanecer esticado para cima formando um ângulo reto com relação ao indicador. Este encaixe é representado na Figura 1.



Figura 1. O encaixe da liga na mão do(a) arremessador(a). Na imagem o dedo anelar prende uma ponta sobre a palma da mão, a liberação desta ponta aciona o mecanismo de disparo da liga. Fonte: O autor.

Ao liberar a ponta presa, a liga é "disparada" tendo como ponto de partida a ponta do dedo indicador. Recomenda-se que o professor demonstre uma vez como se deve posicionar a liga antes do disparo, deixando para os estudantes a tarefa de reproduzir a técnica a partir da observação, ou seja, sem receber instruções claras de como fazer o processo. É importante frisar que a mão deve estar posicionada com o dedo indicador que apoia a ponta da liga paralelo ao solo, de modo que o lançamento seja de fato horizontal. Ao realizar a prática, poderemos observar que, em geral, o lançamento produzido não será perfeitamente horizontal muito devido às imperfeições da liga e da falta de rigor experimental. Porém, espera-se que ao repetir várias vezes o lançamento tenhamos igualmente desvios para cima e para baixo na velocidade inicial do lançamento, de modo que é razoável considerar que em média todos os lançamentos foram horizontais. Ademais, o tratamento de dados para um lançamento horizontal já é suficientemente complexo para estudantes do Ensino Médio, de modo que incorporar o efeito destes desvios tende a se tornar extenuante. Este processo é proposto desta forma visando o uso de materiais de baixo custo e fácil acesso, porém ele pode ser reconstruído usando outros materiais desde que seja produzido um lançamento horizontal impulsionado por uma mola ou liga elástica. Pode-se usar o lançador de carrinhos apoiado sobre uma mesa para produzir um lançamento equivalente, por exemplo.

2.1. Observando o arremesso horizontal

Para entender bem o papel da força elástica, os estudantes irão observar um fenômeno dela decorrente. No que segue, será descrito o procedimento para obtenção de dados experimentais a partir da execução da atividade prática de lançamento da liga elástica.

No momento inicial da aula o(a) professor(a) deverá dividir os estudantes em equipes de no mínimo 3 e no máximo 6 membros e irá entregar para cada equipe um conjunto de materiais. Sugerimos que seja entregue para cada equipe: um conjunto de 10 ligas de borracha, uma balança, um rolo de barbante, uma régua, uma fita adesiva e uma tesoura sem ponta. Em seguida é feita uma demonstração sobre como encaixar a liga na mão, e como posicionar a mão de modo a produzir um arremesso horizontal da liga.

Neste primeiro momento os(as) estudantes devem ser orientados a realizar o arremesso da liga, sendo que todos os integrantes de cada equipe deverão ter oportunidade de tentar

realizar o arremesso. Uma vez que seja cumprida esta etapa inicial, cada equipe deverá indicar um(a) membro(a) da equipe para desempenhar a função de arremessador(a).

Antes de se iniciar o processo de medição, é importante haver uma etapa de observação. Uma vez definida um(a) arremessador(a) da equipe, esta pessoa irá fazer um arremesso que será observado pelo restante da equipe. Já estes que observaram o arremesso, deverão descrevê-lo no máximo de detalhes. A equipe pode nomear um(a) relator(a) para redigir os comentários da equipe acerca da observação do arremesso. Nesta etapa, o(a) professor(a) tem a opção de dar instruções específicas às equipes visando delimitar o foco da observação. Por exemplo, pode-se pedir que os discentes descrevam momentos específicos do processo como antes e depois da liga deixar o contato com a mão do(a) arremessador(a), que se discuta se o lançamento foi de fato horizontal ou se houve um desvio significativo ou que cada equipe tente descobrir qual é a geometria da curva descrita pela liga enquanto se move no ar, só para citar alguns exemplos. Sugerimos que cada equipe produza um "dossiê" do que foi observado, ou seja, um texto descritivo onde os estudantes da equipe irão expressar em palavras a experiência vivenciada.

Uma questão importante neste processo é a adequação do espaço físico onde serão observados os arremessos. É possível (e muito provável) que as dimensões da sala de aula não sejam suficientemente compridas de modo que o lançamento possa ser observado em sua totalidade, sem que haja colisão da liga arremessada com as paredes. É fundamental que o(a) professor(a) conduza as equipes para um local adequado, respeitando-se as outras turmas que estão em aula simultaneamente. A experimentação pode ser realizada em qualquer local, porém algumas condições podem melhorar a eficiência do processo: um corredor estreito e cumprido favorece a observação da direção arremessada, a presença de ventos fortes pode alterar significativamente os resultados da medida e um piso externo com grama ou areia pode facilitar a determinação do local onde a liga encontra o solo.

2.2. Medindo as grandezas que caracterizam o arremesso

Uma vez que as equipes já são capazes de produzir o arremesso da liga e já observaram atentamente sua dinâmica, chegou a hora de executar as medidas. Estas medidas são necessárias tanto para caracterizar quanto para modelar o arremesso. Em particular, mesmo sem ter a consciência disso, neste processo cada equipe obterá os "dados experimentais" necessários para se estimar a constante elástica da liga usada no arremesso.

Cada equipe deverá medir: a massa da liga e o comprimento relaxado da liga, e em cada lançamento o comprimento esticado da liga, a altura do ponto de lançamento e o alcance do lançamento. Para medir a massa da liga, o mais indicado aqui seria fazer uso de uma balança de precisão, porém é um equipamento de alto custo. Uma boa alternativa é usar balanças culinárias, neste caso a precisão não suficiente para pesar uma única liga e os estudantes precisarão desenvolver uma forma alternativa de medir a massa individual. Este problema é simplificado se as equipes forem orientadas a pesar as 10 ligas juntas, e considerar que a massa individual equivale a um décimo da massa do conjunto. Fica a cargo do(a) docente decidir se é necessário fornecer este tipo de informação, ou se é preferível que cada equipe busque por si só uma solução para o problema. A segunda opção é a mais alinhada com a ideia de uma metodologia ativa, enquanto a primeira pode se fazer necessária diante do curto tempo de aula reservado para a componente curricular Física.

É indicado que o(a) professor(a) determine o número de lançamentos que precisarão ser medidos por cada equipe, sendo recomendado ao menos um total de 3 lançamentos medidos. Destacamos que um lançamento que foi executado, porém, não foi devidamente mensurado não deve ser contabilizado. Havendo tempo de aula disponível, podem ser feitos até 10 lançamentos. Neste processo é fundamental que os estudantes sejam

orientados a anotar todas as medidas feitas, de modo que fique clara a importância destes registros. Também é recomendado que sejam feitas observações relativas ao critério usado em cada medida: comprimento da liga relaxada e esticada, altura inicial do lançamento e (muito importante) determinação do local onde se atinge o solo. Uma observação importante é que uma liga de baixa qualidade pode adquirir uma deformação permanente neste processo, caso ocorra é indicado que a liga usada na etapa de observação seja substituída por uma nova ao iniciar a etapa de medição.

A maioria das medidas feitas pelas equipes irão envolver comprimentos, e requerem uma atenção especial. Primeiramente, as ligas não são objetos estritamente unidimensionais, pois são constituídas de pequenos círculos. Assim, quando pensamos no comprimento relaxado nos referimos à situação em que a liga está na eminência de ser esticada. Portanto, para a medição do comprimento relaxado deve-se posicionar a liga de modo que esta se configure aproximadamente como objeto unidimensional. Já quando a liga é posicionada na mão do(a) arremessador(a) esta estará esticada, porém, claramente não irá desenhar uma linha reta, pois faz uma curva acentuada na base do polegar como ilustrado na Fig.1. Neste caso não é possível comparar diretamente com a régua, o que requer uma melhor estratégia para a medição. Sugerimos utilizar um barbante que será esticado na mão do(a) arremessador(a) acompanhando a liga em toda sua extensão, e após determinar o comprimento de barbante equivalente ao comprimento da liga esticada será comparado o barbante com a régua obtendo-se finalmente um valor medido.

Para as medidas de altura e alcance também é indicado a utilização de um barbante, pois desta forma é possível obter valores medidos usando uma régua de 30cm, que é o modelo mais acessível. Neste caso os estudantes medem as distâncias usando o barbante, que certamente excederá o comprimento da régua, e se usam da maleabilidade do barbante para fragmentá-lo em frações de tamanho igual ou menor que a régua. No caso da medida do alcance, é importante que a equipe seja capaz de determinar de forma clara o local onde a liga atinge o solo pela primeira vez. O alcance será a distância da posição da mão do(a) arremessador(a) até este local.

Como os resultados das medidas serão organizados pelas equipes de discentes pode ser delimitada pelo(a) docente. Neste caso, o(a) docente terá espaço para discutir esta organização de dados de modo a trabalhar as deficiências de seus estudantes no que diz respeito à escrita, organização de tabelas, grafia, uso da vírgula, uso correto das unidades de medida etc. Esta etapa é importante para a consolidação do método científico durante o processo de ensino-aprendizagem. As equipes deverão ser orientadas a apresentar os resultados das medidas de forma padronizada, facilitando a leitura dos dados obtidos. É uma opção produzir um modelo padrão para anotação das medidas pelas equipes. Porém, não se configura como um elemento basilar do processo, sendo igualmente aceitável que cada equipe organize suas próprias tabelas de dados sem seguir um modelo pré-estabelecido.

3. Uma teoria para a caracterização da elasticidade.

Toda a prática desenvolvida tem como foco a propriedade da elasticidade da liga, e como que a força elástica é responsável pelo seu mecanismo de autopropulsão utilizado para o arremesso. Porém, é interessante notar que uma abordagem teórica para o problema baseada no conceito de Força, ou seja, utilizando a segunda lei de Newton se mostra inviável.

Na verdade, a noção de força elástica desempenha um papel importante no processo e principalmente na percepção humana da elasticidade. É no momento em que o(a) arremessador(a) mantém a liga esticada em sua mão que a força elástica é experimentada. O dedo que segura a ponta livre da liga precisa exercer uma força normal ao apoio da liga sobre a

mão, de modo que o atrito gerado cancela precisamente a força elástica e mantém o sistema em repouso. Consideramos μ o coeficiente de atrito estático entre a ponta da liga e a mão do(a) arremessador(a). Uma vez que este aplique com seu dedo uma força de intensidade F_{dedo} , esta força irá gerar na liga uma força de atrito cuja intensidade máxima é de

$$F_{at} = \mu F_{dedo} \quad (1)$$

A condição de equilíbrio é tal que o atrito gerado possa ser maior que a força elástica. Portanto, seja κ a constante elástica da liga, a condição de equilíbrio será:

$$F_{dedo} \geq \frac{\kappa \Delta x}{\mu} \quad (2)$$

É nesta situação de equilíbrio onde a liga está em repouso sob a mão que esta será posicionada com o dedo indicador paralelo ao solo, preparando assim o arremesso horizontal da liga. Uma vez que o dedo que pressiona a ponta sob a palma da mão é relaxado, a liga se contorcerá sob efeito da força elástica até que retoma seu comprimento relaxada ao passo que é arremessada a partir da ponta do dedo indicador.

Este processo em que a liga deixa a condição em que está esticada e em repouso e passa para a nova condição onde está relaxada e em movimento é bem modelado pela conservação da energia mecânica da liga. Inicialmente ela possui uma energia potencial elástica $U_i = \frac{\kappa(\Delta x)^2}{2}$, e uma energia cinética nula pois está em repouso. Ao final do processo ela terá energia potencial elástica nula, enquanto sua energia cinética será

$K_f = \frac{mv^2}{2}$, onde v é a velocidade da liga no início do lançamento. Nesta modelagem estamos desprezando possíveis efeitos de rotação, ou seja, tratamos a balística como movimento de uma partícula pontual. Uma extensão desta modelagem pode considerar o momento de inércia da liga, corrigindo a expressão da energia cinética.

A conservação da energia mecânica da liga nos dá

$$v = \Delta x \sqrt{\frac{\kappa}{m}} \quad (3)$$

Uma vez arremessada, a liga entra em movimento balístico bem aproximado pela composição de um movimento uniforme na direção horizontal, $x(t) = vt$, e de um movimento de queda livre na direção vertical, $y(t) = H - \frac{gt^2}{2}$, onde H é a altura da ponta do dedo indicador do(a) arremessador(a) e g é a aceleração da gravidade. Definimos o tempo de queda da liga, t_Q , pelo instante em que a mesma atinge o solo: $y(t_Q) = 0 \rightarrow t_Q = \sqrt{\frac{2H}{g}}$. O alcance do lançamento é dado pela posição horizontal no instante da queda: $A = x(t_Q) = \Delta x \sqrt{\frac{2\kappa H}{mg}}$. Podemos finalmente escrever uma expressão para a constante elástica da liga dada em termos das grandezas medidas na atividade executada pelos alunos. Obtemos então

$$k = \frac{mgA^2}{2H(\Delta x)^2} \quad (4)$$

onde m é a massa da liga, g é a aceleração da gravidade, A o alcance do lançamento, H a altura do dedo indicador e Δx a distorção da liga. Com exceção da aceleração da gravidade, cujo valor pode ser aproximado por 10 m/s^2 sem grandes prejuízos na análise de dados, todas as grandezas foram medidas pelos estudantes em cada um dos arremessos executados. Fornecendo a fórmula da equação (4) para as equipes, estas poderão estimar um valor para a constante elástica da liga em cada lançamento.

Esta modelagem é rica em conceitos físicos e integra as discussões entre arremesso horizontal, força elástica, força gravitacional, energia potencial elástica e conservação da energia. Podemos dividir nossa abordagem em três momentos: estático, dinâmico e cinemático. No momento estático temos a liga presa à mão do(a) arremessador(a), o dinâmico compreende ao curto intervalo entre a liberação da base da liga na palma da mão do(a) arremessador(a) e o desprendimento da liga na ponta de seu dedo indicador e por fim o cinemático compreende o trajeto curvilíneo que a liga descreve no ar até atingir o solo. Por outro lado,

sua apresentação aos estudantes não configura uma engrenagem fundamental neste processo de aprendizagem. Toda a fenomenologia envolvida pode ser apreciada, medida, registrada e discutida pelos estudantes independentemente da teoria que a explica e modela. A fórmula que se obtém para determinar a constante de mola, eq.(4), pode ser simplesmente informada aos estudantes sem haver uma discussão aprofundada do modelo teórico descrito nesta seção. O simples exercício do uso da fórmula pode ser considerado suficientemente desafiador para um estudante do primeiro ano do ensino médio, visto que envolve razão e produto de medidas de 5 grandezas distintas, sendo duas delas ao quadrado. Porém, a obtenção da fórmula a partir das equações de conservação da energia total junto com a trajetória do lançamento horizontal representam um bom exercício teórico que pode ser trabalhado com estudantes interessados em aprofundar seus conhecimentos matemáticos e poderia ser trabalhado, por exemplo, com estudantes que se preparam para as Olimpíadas de Física.

4. Sequência Didática e Avaliação do Ensino-Aprendizagem

Muitas propostas de Ensino por Investigação são apresentadas em forma de uma sequência didática que delimita de forma objetiva as etapas que serão executadas pelo docente junto aos discentes da turma, como vemos, por exemplo, nas Referências [4],[5] e [11]. Esta delimitação rígida das etapas não objetivada no presente trabalho. Esta proposta dá maior ênfase para a prática a ser desenvolvida pelo estudante do que para o contexto acadêmico que a cerca e se baseia no entendimento de que o desenvolvimento da prática se aproxima de um fazer científico propriamente dito, como discutido nas Referências [12] e [13]. Por outro lado, é importante que o(a) docente que se proponha a executar esta prática disponha de uma diretriz cronológica para seu melhor desenvolvimento.

As etapas do processo investigativo podem ser divididas em: i) Apresentação da prática; ii) Formação de equipes; iii) Treino e observação; iv) Mensuração; v) Análise dos dados e vi) Elaboração de Relatório. As etapas i), ii) e iii) são curtas e seguramente podem ser executadas em sequência durante um tempo de aula de 45 minutos. Já a etapa iv) em geral exige mais tempo das equipes e é previsto que ocupe todo o tempo de uma aula de 45 minutos. As etapas v) e vi) não precisam, necessariamente, ser executadas em sala de aula. Estas etapas finais são de caráter avaliativo e podem ter sua execução orientada pelo(a) docente para que as equipes desenvolvam estas etapas no horário extraclasse.

A avaliação deste processo de ensino-aprendizagem possui um viés natural de um trabalho experimental, ou seja, de se atribuir uma pontuação para o desempenho de cada equipe a partir da entrega do relatório produzido pela equipe. A produção do relatório é uma etapa importante de um processo onde são feitas mensurações de grandezas associadas a um fenômeno observado. O relatório produzido precisa conter ao menos quatro elementos: 1) descrição qualitativa do processo de mensuração, ou seja, como foram feitas as medidas; 2) todos valores registrados decorrentes das medidas executadas; 3) cálculo da constante elástica da liga a partir dos valores medidos e 4) conclusões. A formatação do relatório fica a livre critério do(a) docente, que poderá utilizar um modelo já utilizado em outros documentos elaborados por seus estudantes ou propor um novo modelo de formatação conforme as especificidades da turma.

Além da avaliação do trabalho em equipe, pode ser feita também a avaliação do desempenho individual dos estudantes. Assim, atribuindo ao final do processo uma nota da participação individual que reflita o envolvimento e dedicação do estudante pela atividade, assim como sua pontualidade e assiduidade nas aulas durante este processo.

5. Considerações Finais

Neste artigo foi apresentada uma proposta de prática pedagógica para o ensino de Física. Nesta prática o lado lúdico é destacado, sendo fundamental para que os estudantes se interessem pelos conceitos físicos envolvidos. Neste sentido, pretende-se romper a barreira desafiadora que estigmatiza a ciência Física como difícil ou distante da realidade. Vale ressaltar aqui o teor propositivo, e não impositivo, deste. A prática sugerida é altamente versátil e sempre poderá ser adaptada para que se acomode na realidade vivenciada pelo(a) docente que por ventura se proponha a implementá-la em sua sala de aula. Neste contexto destacamos que em princípio a prática é indicada para turmas do primeiro ano do ensino médio, porém é suficientemente lúdica para ser adaptada em uma versão menos técnica para ser utilizada no ensino fundamental no contexto da matéria de Ciências.

Esta proposta pedagógica foi desenvolvida no contexto da disciplina Prática Pedagógica em Física 1, do curso de Licenciatura em Física do Campus Salinópolis da Universidade Federal do Pará. Ela foi implementada junto aos Licenciandos que tiveram uma receptividade excepcional, os alunos se dedicaram com grande engajamento na execução das tarefas pedidas, usaram de criatividade para solucionar impasses e foram capazes de tomar decisões em equipe sem consultar o docente responsável. A proposta foi desenvolvida visando sua aplicação, da forma como apresentamos aqui, nas turmas do 1º ano do ensino médio. Porém, pode ser facilmente adaptada para ser aplicada tanto no ensino de Ciências durante os anos finais do Ensino Fundamental como no Ensino Superior em cursos que discutem mecânica. Uma aplicação no Ensino Fundamental pode se restringir a execução do arremesso acompanhada de uma descrição qualitativa dos fenômenos envolvidos, enquanto uma proposta para o Ensino Superior poderia trazer procedimentos rigorosos do cálculo de erros experimentais ou até mesmo ajustes do modelo analítico para considerar atrito com o ar e rotação da liga.

Agradecimentos: O autor agradece ao apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Pará (PROPESP-UFGA) e ao Conselho Nacional de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES). Também agradece aos discentes da disciplina Prática Pedagógica em Física 1, turma de Licenciatura em Física, ano 2021, do Campus Salinópolis da UFGA.

Referências

- [1]. AUSUBEL, David Paul. A aprendizagem significativa. São Paulo, 1982.
- [2]. MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de física. São Paulo: Scipione, v. 2, 2000.
- [3]. RAMALHO JUNIOR, Francisco et al. Os fundamentos da física: 1 mecânica. 2007.
- [4]. PASCOAL, Marilene Cordeiro. Ensino por investigação: uma proposta para o ensino da força elástica para alunos do 1o ano do ensino médio. 2019.
- [5]. OLIVEIRA, Benjamim Nunes de et al. O uso da simulação Massa-Mola do PhET como auxílio para a aprendizagem da força elástica (Lei de HOOKE). 2016.
- [6]. ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v.13, p. 67-80, 2011.
- [7]. LIRA, Caio Fernandes. Exemplar de laboratório aberto: explorando um lançador Hot Whells. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso.
- [8]. DE SOUSA FILHO, Sinval Martins. Educação Akwén-Xerente (Jê): seus saberes e práticas frente aos modelos brasileiros de escolarização. Revista Fórum Identidades, 2014.
- [9]. D'ANUNCIACÃO, Eliana Souza. Registrando o léxico dos brinquedos e brincadeiras infantis em Minas Gerais. 2016.
- [10]. PEDRO, D. E. M. O.; DA SILVA, Renan Antônio. Protagonismo estudantil. Org & Demo, v. 21, n. 1, p. 71-92, 2020.
- [11]. DE MOURA, Fábio Andrade; SILVA, Rubens. O Ensino de Física por Investigação: A socioconstrução do conhecimento para medir a aceleração gravitacional. Research, Society And Development, v. 8, n. 3, p. 01-13, 2019.
- [12]. SOLINO, Ana Paula; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015.
- [13]. BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

Isenção de responsabilidade/Nota do editor: As declarações, opiniões e dados contidos em todas as publicações são exclusivamente de responsabilidade do(s) autor(es) e colaborador(es) individual(is) e não do Caderno de Física da UEFS e/ou do(s) editor(es). O Caderno de Física da UEFS e/ou do(s) editor(es) isentam-se de responsabilidade por qualquer dano a pessoas ou propriedades resultante de quaisquer ideias, métodos, instruções ou produtos mencionados no conteúdo.