



SIGNIFICANDO O MOVIMENTO OSCILATÓRIO: UMA PROPOSTAS EXPLORATÓRIA COM O USO DE SOFTWARES LIVRES

*MEANING THE OSCILLATORY MOVEMENT:
AN EXPLORATORY PROPOSAL FOR THE USE OF FREE SOFTWARE*

Thalyta de Oliveira Inocêncio
Discente do Curso de Licenciatura em Física
Grupo de Pesquisa em Ensino-Aprendizagem de Física
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ
thalyta.96@hotmail.com

Frederico Alan de Oliveira Cruz
Doutor em Ciências
Grupo de Pesquisa em Ensino-Aprendizagem de Física
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ
frederico@ufrj.br

Resumo

No atual modelo de sociedade em que a escola está inserida não é conveniente considerar a apresentação de conteúdo, seja qual for o tema, sem a utilização de ferramentas complementares que possam contribuir com o aprendizado dos estudantes. O uso das TICs, por exemplo, abre a possibilidade de aprimoramento do ensino e potencializa a construção do conhecimento do aluno. Por isso, nesse trabalho é apresentada uma proposta de abordagem exploratória do movimento de um pêndulo baseada nessas ferramentas. Com o uso de dois programas gratuitos, Tracker e Graph, são apresentadas sugestões de questionamentos que devem ser colocados aos alunos com o intuito de facilitar a compreensão dos vários nuances associados ao fenômeno analisado. A ideia trazida aqui é permitir a avaliação dos parâmetros envolvidos na função matemática que descreve os movimentos oscilatórios de uma forma ativa e a partir deles perceber verdadeiramente o que está sendo analisado, mostrando que o mundo idealizado da teoria possui algumas simplificações necessárias para compreensão de parte da realidade e não dela como um todo. Além disso, não menos importantes, é que esse tipo de atividade pode mostrar aos estudantes a possibilidade de uso das TICs como recurso para a análise dos vários problemas presentes no dia a dia.

Palavras-chave: TICs; ensino-aprendizagem; movimento oscilatório; ensino de Física.

Abstract

In the current model of society in which the school is inserted, it is not convenient to consider the content presentation, whatever the theme, without the use of complementary tools that can contribute to students' learning. The use of ICTs, for example, opens the possibility of upgrade teaching skills and enhances the construction of student knowledge. Therefore, this work presents a proposal for an exploratory approach to pendulum movement based on these tools. With the use of two free software, Tracker and Graph, suggestions are presented that should be asked to students in order to facilitate the understanding of the various nuances associated with the phenomenon analyzed. The idea brought here is allowing the parameters evaluation involved in the mathematical function that describes the oscillatory movements in an active way and from them to truly understand what is being analyzed, showing that the idealized world of theory has some necessary simplifications for comprehension of part of reality and not of it as a whole. Also, not least, this kind of activity can show students the possibility of using ICTs as a resource for analyzing various problems present in everyday life.

Keywords: ICTs, teaching and learning; oscillatory movement; physics teaching.

1 INTRODUÇÃO

No atual modelo de sociedade, em que a escola está inserida, não é conveniente considerar a apresentação de conteúdo, seja qual for o tema, sem a utilização de ferramentas complementares que possam contribuir com o aprendizado dos estudantes, independentemente do nível ou da modalidade de formação no qual o professor esteja atuando. A rapidez com que as informações, dos mais diversos temas, chegam as pessoas e a possibilidade de interagir com elas é uma realidade dos dias atuais, onde pode-se opinar e buscar conhecimento sobre qualquer tema. Enquanto o mundo vive em uma época de aprendizagem dinâmica, onde os cidadãos podem ter qualquer informação com o apertar de um botão, em muitas instituições de ensino elas são pouco exploradas nos processos educativos.

Nesse cenário, onde a escola precisa ser formativa e ao mesmo tempo interessante, existem propostas diversas que indicam formas de abordar os diversos temas da grade escolar para que o processo de ensino-aprendizagem possa ser mais efetivo e menos monótono. Alguns pesquisadores buscam a utilização de jogos de tabuleiros (PEREIRA; FUSINATO; NEVES, 2009; SANTOS; GRÜM, 2016; SANTOS, 2017), outros usam elementos que unam arte e ciência (MOREIRA, 2002; SAMPAIO, 2012; CURCIO, 2013) e as tradicionais atividades experimentais (SILVA, 2013; BARBOSA *et al*, 2017; COLOMBO JUNIOR *et al*, 2017). Essas formas de abordagem, mesmo que distintas entre si, ganham mais efetividade pelo uso de ferramentas ligadas às tecnologias da informação e comunicação (TICs) e assim costumam despertar mais o interesse dos estudantes (TAVARES; SOUZA; CORREIA, 2013; SARTORI; HUNG; MOREIRA, 2016).

As TICs podem ser entendidas como “os meios técnicos usados para tratar a informação e auxiliar na comunicação” (OLIVEIRA; MOURA; SOUSA, 2015, p. 89), sendo que as informações que chegam até nós, trazida pelos inúmeros objetos tecnológicos presente no cotidiano, pode estar na forma de:

- Texto: uma sequência de caracteres (símbolos) que codificam um sistema de escrita de uma língua humana.
- Imagem: um padrão bidimensional de luz e cor, que reflecte o que a nossa visão capta. Esse padrão pode ser estático, quando não se altera com o tempo, ou dinâmico, quando depende do passar do tempo – neste caso designa-se vídeo.
- Som: um padrão de vibração do ar que reflecte o que é captado pelo nosso sentido da audição. (ROCIO, 2010, p. 2)

Os textos podem ser considerados a forma mais comum de obter alguma informação sobre algo de interesse, pelos usuários dessas ferramentas, realizando buscas sobre os temas mais diversos, desde a eleição para presidente até como fazer uma receita culinária, passando por esportes e música, por exemplo (ROSA, 2018). Os outros dois elementos têm características próximas e ao mesmo tempo distintas de interação, por estarem associados à forma sensorial com que o usuário é afetado por elas. Em ambos os casos percebe-se um papel passivo no recebimento da informação. Enquanto o som fornece dados que serão recebidos sem a interação participativa as imagens podem permitir ação com a mesma, quando estão presentes em alguns *apps*, ou não, no caso de figuras estáticas.

Apesar das diferenças existentes em relação à forma com que o usuário pode se apropriar da informação trazida pelos elementos tecnológicos atuais é fato que eles produzem um impacto sobre o público que faz uso deles. No caso do uso pelos professores em sala de aula a questão torna-se um tanto complexa, pois se usados os elementos tecnológicos sem um devido

planejamento pode produzir situações pouco produtivas e que em alguns casos pode dar a impressão aos alunos que elas são pouco eficientes para o ensino.

A questão que se coloca quando se pensa no uso das TIC como elemento facilitador do ensino foi expressa por Trucano (apud UNESCO, 2013, p. 17), ao questionar: “O potencial das TICs para ajudar a educação é inegável, mas, como podemos separar a esperança do *hype*?”, a resposta para essa indagação está na busca de um maior entendimento das possibilidades oferecidas por essas ferramentas potencializando ainda mais seu uso no processo de ensino-aprendizagem.

Um indicativo do uso adequado das TICs é não considerá-las como elementos redutores do ensino, afinal não são, e para evitar um olhar apenas otimista é necessário que o profissional da educação, que fará uso delas, considere os seguintes pontos:

Primeiro, as TICs são apenas uma parte de um contínuo desenvolvimento de tecnologias, a começar pelo giz e os livros, todos podendo apoiar e enriquecer a aprendizagem.

Segundo, as TIC, como qualquer ferramenta, devem ser usadas e adaptadas para servir a fins educacionais.

Terceiro, várias questões éticas e legais, como as vinculadas à propriedade do conhecimento, ao crescente tratamento da educação como uma mercadoria, à globalização da educação face à diversidade cultural, interferem no amplo uso das TIC na educação (UNESCO, 2017, s/p).

Uma vez que estejamos esclarecidos das potencialidades das TICs o passo seguinte é avaliar como é possível introduzi-las dentro dos ambientes de ensino, de forma que elas possam ser elementos positivos na aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, o professor deve definir qual o modelo de ensino ele irá adotar, se esse será: centrado no professor, onde o percurso dos temas é definido por ele e que abre pouca possibilidade de mudança de percurso formativo pelos alunos; centrado no aluno, onde alunos podem trabalhar (individualmente ou em grupo) explorando de forma ativa os problemas que são apresentados a eles pelo professor; ou centrado na interação, que são aquelas que permitem os estudantes construir, organizar e estruturarem os conhecimentos de forma cooperativa ou colaborativa entre si (ALVES, 2009).

No caso de uma atividade mais centrada no professor, ele pode usar as TICs como elemento demonstrativo de algum fenômeno ou situação que possa permitir uma discussão com os alunos mais detalhada sobre o tema. Um exemplo, no caso do ensino de ciências, é apresentar aos alunos a mudança do pH de uma substância pela adição de outra com características mais ácidas ou alcalinas com a utilização de um *applet*, tornando o processo mais dinâmico ao permitirem visualizarem em tempo real a mudança mencionada a eles (figura 1) (SOARES; CRUZ; CRUZ, 2018).

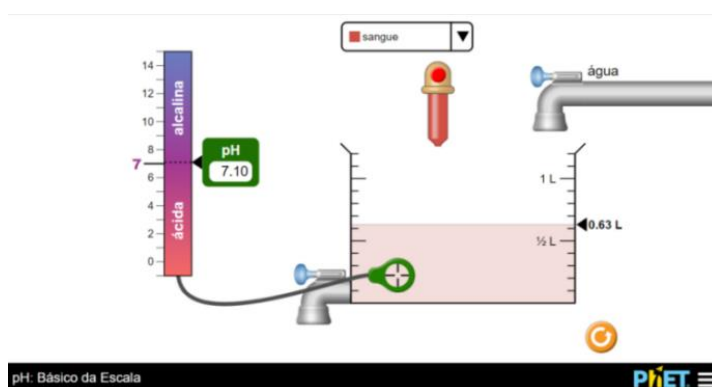


Figura 1- Applet utilizado por Soares et al, 2018, para a realização da exposição do tema pH (UCB, 2018).

Na situação em que a perspectiva de ensino está mais centrada no aluno ou na colaboração, três caminhos podem aparecer: o primeiro deles é quando as TICs são o único elemento de interação com o problema como no caso dos laboratórios virtuais (FEHLBERG; VARGA; ANDREATA-DA-COSTA, 2016; SILVA; BARRETO, 2011; OIDOV; TORTOGTOKH; PUREVDAGVA; 2012, TALTLI; AYAS, 2010), o segundo como elemento de consulta para obter informação sobre algum tema de interesse (BAPTISTA, 2007; CORREA; WARPECHOWSKI; PINTO, 2014; CRONEMBERGER et al, 2012) e o terceiro quando as TICs são utilizadas para resolver uma situação problema, facilitando a análise de dados de um fenômeno que esteja sendo estudado (BEZERRA JR et al, 2012; GÖTZE et al, 2017; KUHN; VOGT, 2013).

As aulas experimentais, que tem o professor como facilitador no processo formativo, devem estar centradas no aluno com a missão de: "estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados", "esclarecer a teoria e promover a sua compreensão" e "vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação chegando a seus princípios" (HODSON, 1998, apud GALIAZZI et al, 2001, p. 252/253) e hoje o uso das TICs são elementos quase imprescindíveis nos laboratórios didáticos. A questão é que se deve ter o cuidado para que essas ferramentas não sejam utilizadas apenas de forma burocrática, servindo somente para facilitar a obtenção de dados para confecção de relatórios e sim como elemento que contribua positivamente na avaliação do problema.

Em face do que foi exposto, a proposta deste trabalho é apresentar uma forma de abordagem do problema da oscilação harmônica baseada no uso de *softwares* livres que permita, quando utilizada nos laboratórios didáticos, que os estudantes compreendam todos os nuances do tema abordado. Espera-se, com essa metodologia, contribuir de forma positiva com a formação profissional dos futuros professores/pesquisadores.

2 A IMPORTÂNCIA DAS TICs COMO RECURSO PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DIDÁTICAS

Até o momento discutimos o potencial das TICs como elemento facilitador no processo de ensino aprendizagem, mas essa discussão pode ser ampliada se levarmos em conta as dificuldades encontradas pela maioria dos professores em poder realizar algumas atividades experimentais pela falta de estrutura mínima para isso, seja relacionada com a estrutura física dos laboratórios e/ou pela falta de equipamentos como mostrado nos recentes dados do INEP (2018) no qual 8 em cada 10 escolas não possuem espaço adequado para atividades experimentais (figura 2). Um exemplo que dá uma ideia do caos existente pode ser comprovado em números, visto que: “apenas 11,5% das escolas de ensino fundamental dispõem de laboratório de ciências” (INEP, 2018, p.5) e “45,4% das escolas” de ensino médio (INEP, 2018, p. 7). A questão é que mesmo quando os laboratórios existem a realidade não é das melhores, como relatado por Freitas, Rigolon e Bontempo (2013, p. 7), ao analisarem as condições desses espaços em uma cidade mineira, que perceberam que os: "...equipamentos básicos para a boa condução de aulas práticas eram escassos e, quando presentes, eram muito velhos ou em más condições".

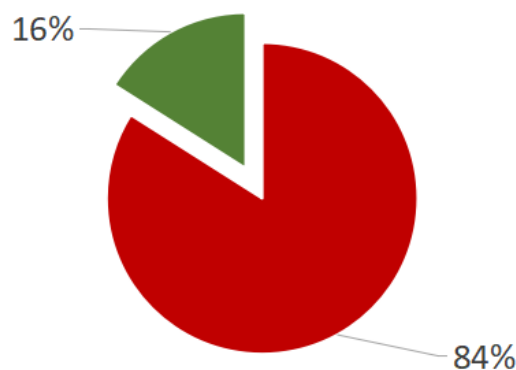


Figura 2 - Percentual total das escolas brasileiras com (●) e sem (●) laboratório de ciências, indicando que para cada duas escolas com espaço adequado para atividades experimentais existem outras oito sem (INEP, 2018).

Na realidade do ensino básico, uma vez que as condições não são as mais favoráveis, cabe aos professores buscar formas alternativas para que as atividades experimentais, que são de extrema importância para aprendizagem dos conceitos científicos pelos alunos, possam ser realizadas. Dessa forma, as TICs passam a ser aliadas poderosas, pois permitem que certas atividades possam ser realizadas dentro da sala de aula sem a necessidade de equipamentos sofisticados ou estruturas com grandes requintes.

No caso do ensino superior as atividades experimentais didáticas têm outros objetivos que estão além daqueles previstos para o ensino básico, pois permite a compreensão de um fenômeno que está sendo apresentado e também fornece aos estudantes um conjunto de habilidades e competências que serão utilizadas na sua vida profissional. Na licenciatura em física, por exemplo, é necessário que ao longo do período de formação os alunos possam: realizar experimentos em laboratórios, fazer uso de equipamento de informática, e participar da elaboração e desenvolvimento de atividades de ensino (BRASIL, 2001). Nos itens citados, é possível que as atividades experimentais em laboratório sejam contempladas, com mais ou menos requintes, com a presença das disciplinas destinadas a essa abordagem, contudo o uso de computadores e o desenvolvimento de competências para o ensino do que está sendo aprendido fica renegado as disciplinas específicas que aparecem de forma reduzida na grade curricular.

As atividades experimentais no ensino superior devem, quando possível, abrir espaço para a inserção das TICs de uma forma mais eficiente, mostrando aos estudantes que elas são ferramentas que tem grande poder para a realização de análises que em muitos casos parecem possíveis apenas com aparatos caros e complexos. Essa visão permitirá que esses futuros profissionais possam atuar de forma diferenciada nos seus locais de trabalho e assim produzir um impacto efetivo para a mudança de metodologia utilizada nas escolas e universidades.

3 A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS OSCILAÇÕES E UMA FORMA DE ABORDAGEM

Um tema que aparece de forma recorrente nas aulas de laboratório, quando a temática de discussão está associada à abordagem dos conceitos de mecânica, é o estudo do movimento oscilatório. Normalmente, o problema da oscilação é apresentado aos alunos como o movimento de um corpo, com certa massa, preso a um fio e este em um eixo variando sua posição ao longo do tempo (figura 3).

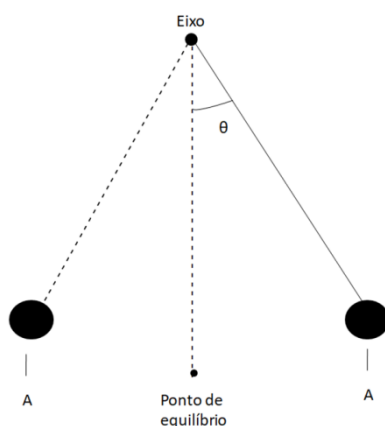


Figura 3- Representação da amplitude máxima do oscilador (acervo dos autores).

Em geral o movimento dessa partícula, em torno da posição de equilíbrio, é avaliado apenas em relação à horizontal e este é bem descrito, para ângulos de abertura menores que dez graus ($\theta < 10^\circ$) por uma função comportada do tempo (NUSSENZVEIG, 2014):

$$x(t) = A \sin(\omega t + \theta_0) \quad (1)$$

Onde “A” representa a amplitude do movimento, ω é a frequência angular de oscilação e θ_0 representa o deslocamento angular inicial. Em uma situação ideal, sem atrito, deveria ser representada, no plano $x(t) \times t$, por uma elongação periódica desse comportamento como esperado para uma função senoidal (figura 4).

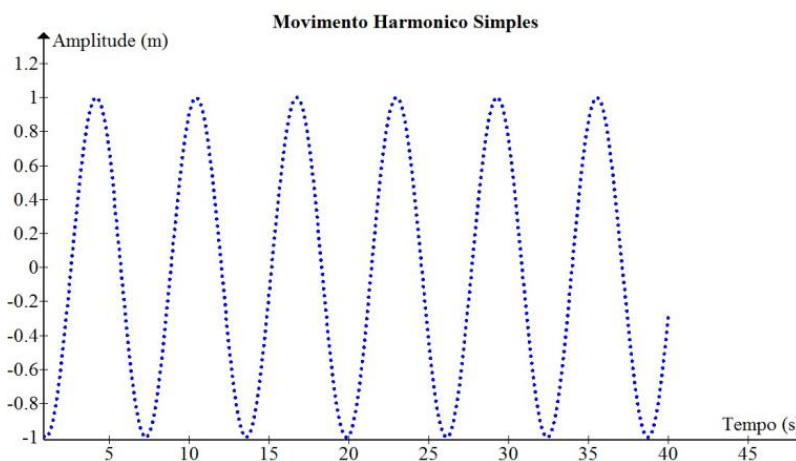


Figura 4 - Representação da posição da partícula em função do tempo no caso de uma oscilação harmônica sem amortecimento (acervo dos autores).

A discussão desse problema, que é bem interessante, reveste-se de grande importância visto que os movimentos ou processos oscilatórios ocorrem em muitas situações na natureza, que: “...incluem processos em diferentes níveis como os ritmos circadianos, batimentos cardíacos, ciclo menstrual, ciclo de Krebs e outros ciclos intracelulares, como a glicólise” (OLIVEIRA; OLIVEIRA; VARELA, 2012) e até níveis de água em reservatórios (NICOLITE et al, 2009). Esses ritmos, por mais distintos que pareçam, têm como a ideia básica uma variação em torno do valor de referência, como ocorrido nos dispositivos mecânicos e elétricos, e a representação desse comportamento ao longo do tempo é similar aquele visto na situação do movimento pendular, isto é, que possui característica sinusoidal (figura 5).

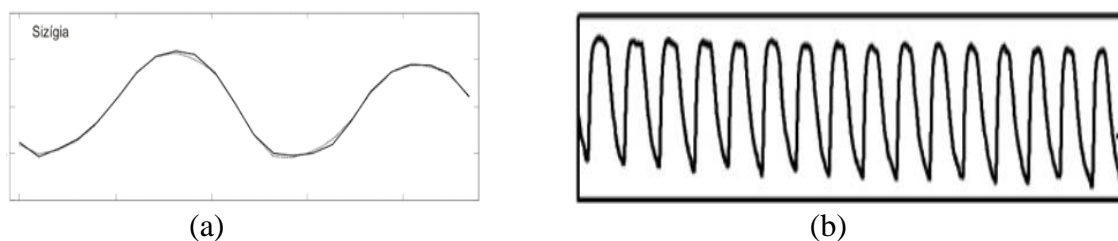


Figura 5 - (a) Nível d'água observado, num período de 24 h, em certo reservatório de água localizado na região sudeste do Brasil (NICOLITE et al, 2009), (b) Evolução temporal do potencial em um eletrodo de platina, em certa temperatura, durante a observação deste em contato com uma substância química ao longo do tempo (OLIVEIRA; OLIVEIRA; VARELA, 2012).

Mesmo sendo algo tão importante, quase sempre o problema em si é discutido dentro das aulas práticas não sobre as características do fenômeno, mas apenas como elemento que pode ser utilizado para a determinação da aceleração da gravidade local (RIFFEL, 2004; MIRANDA, 2008; PEREIRA, 2013) pelo uso da equação que relaciona o período (T), o comprimento do fio (l) e a gravidade (g) (NUSENVEIG, 2014).

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (2)$$

A questão é que a expressão acima é quase sempre obtida, nas demonstrações teóricas, na situação em que o movimento ocorre sem perdas relativas ao amortecimento, do fio no suporte e do próprio conjunto ao se deslocar no ar, que produzem uma diminuição da amplitude da oscilação ao longo do tempo (figura 6) até que o objeto que se encontra em movimento fique parado na posição mais baixa da trajetória.

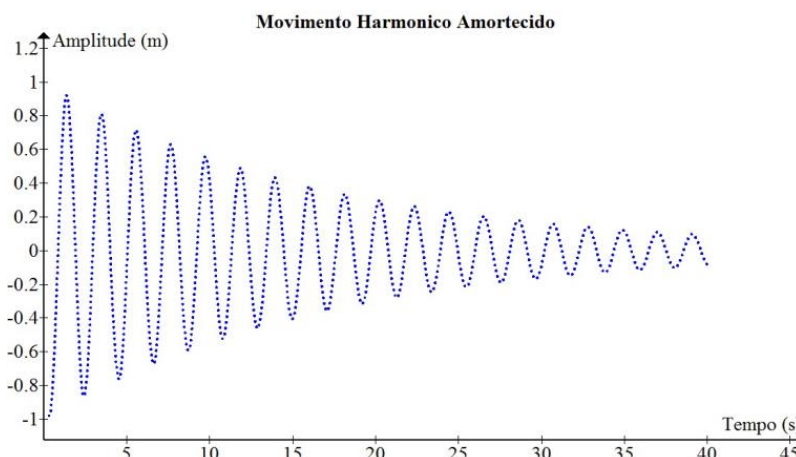


Figura 6- Representação da posição da partícula em função do tempo no caso da oscilação harmônica com efeitos de amortecimento.

Esse tipo de procedimento faz com que o aluno apresente pouca ou quase nenhuma reflexão sobre o que está sendo observado, ficando mais preocupado em obter números adequados para o período e assim o valor mais próximo possível da aceleração. Nessa situação o problema da oscilação passou a ser secundário, sendo o foco do problema determinar um parâmetro que ele já conhece o valor, sem trazer ao menos o questionamento se o período calculado poderia ser obtido se fosse avaliada a situação real, isto é, aquela onde está presente o amortecimento já mencionado.

Na tentativa de produzir uma reflexão nos alunos sobre esse tipo de movimento muitas propostas têm sido feitas nos últimos anos com metodologias variadas, desde a utilização de análise de vídeo (GLAWTANONG et al, 2011; RAMLI; CHAN; YAP, 2016; BONVENTI JR; ARANHA, 2015) até o uso de *apps* específicos (VOGT; KUHN, 2012; SANS et al, 2013; WONG et al, 2015; GÖTZE et al, 2017), permitindo a obtenção de parâmetros que ajudem o entendimento do fenômeno em si. A questão é em algumas situações é possível compreender o comportamento, mas a discussão acaba se encerrando sem um maior aprofundamento ou comparação com as equações pertinentes.

4 PROPOSTA DE ABORDAGEM INVESTIGATIVA

Dentro do objetivo deste trabalho, já descrito anteriormente, inicialmente foi escolhido o *Graph*[®], um programa, de código aberto, para a construção de gráficos que pode ser usado com extrema facilidade para desenhar gráficos matemáticos em um sistema de coordenadas (JOHANSEN, 2013), enquanto que para a realização da análise de vídeo a opção foi o *Tracker*[®], que é construído na estrutura do *Java Open Source Physics* (OSP) e é projetado para ser usado no ensino de física (BROWN, 2018). Uma vez que a atividade é voltada, num primeiro momento, para alunos dos cursos introdutórios de Física no Ensino Superior, é fundamental que seja entregue aos alunos um roteiro com questões que devem ser respondidas durante a atividade.

4.1 AVALIAÇÃO GRÁFICA DAS FUNÇÕES

A primeira atividade que propomos é que os alunos, usando o programa gráfico escolhido, avaliem o comportamento das funções que descrevem o movimento harmônico simples (eq. 1) e movimento harmônico amortecido (eq. 3):

$$x(t) = Ae^{-(\gamma t)} \sin(\omega t + \theta_0) \quad (3)$$

contendo o termo γ que determina a taxa de perda de energia a cada instante. Isso pode ser realizado no programa escolhido abrindo a aba “Função” localizada na barra superior e inserindo, uma por vez, as equações escolhidas. É importante que os alunos sejam orientados para que ambas as funções possuam os mesmos valores de A , ω e θ_0 , atribuindo ao fator de amortecimento (γ) um valor arbitrário. Esse procedimento fará com que eles tenham oscilações sobrepostas, similar a figura 7, que deverão observar e responder a seguinte questão: “Para duas oscilações com mesma amplitude inicial e mesma frequência de oscilação, existe diferença no período medido?”

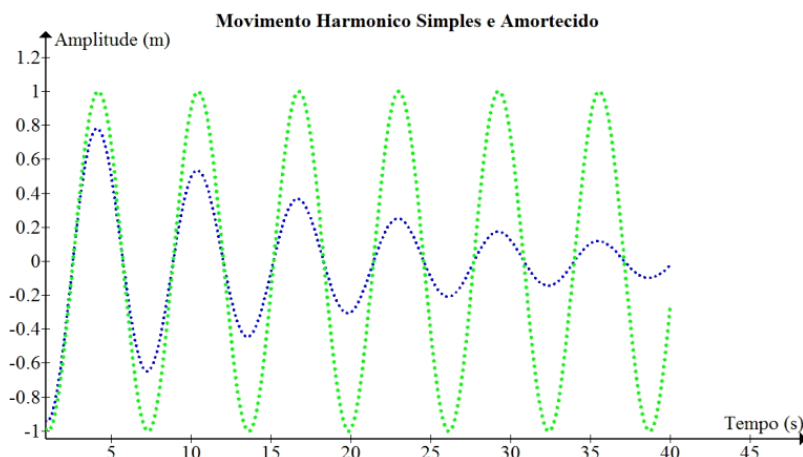


Figura 7 - Representação das funções com e sem amortecimento no plano $x(t) \times t$, considerando $A = 1$ m, $\omega = 8$ rad/s, $\theta_0 = 15$ rad e $\gamma = 1$ s⁻¹ (acervo dos autores).

Na questão apresentada o objetivo é de suscitar nos alunos a percepção que alguns parâmetros ligados ao movimento, como a frequência angular e o período, não serão afetados devido aos efeitos do amortecimento.

4.2 ANÁLISE DE VÍDEO DO MOVIMENTO HARMÔNICO

Para a segunda parte da atividade serão necessários um computador, para que seja realizada a análise do movimento com o programa escolhido para esse fim, um telefone móvel que tenha câmera para gravação, uma régua, fio nylon, massa de formato esférico, esses dois últimos podem ser adquiridos em lojas que vendem produtos de pescaria, e um suporte onde possa ser colocado o sistema que será colocado para oscilar. Caso seja possível é interessante dispor de um pequeno suporte para o telefone, que poderá fornecer mais estabilidade durante o processo de gravação, no entanto isso não é imprescindível.

Antes de começar o processo de gravação um detalhe importante que deve ser discutido com os alunos é sobre o posicionamento inicial da esfera que deve ser igual ou menor que dez graus (10°), pequenas variações em torno desse valor não causarão mudanças significativas nas aproximações da medida do período (JESUS, 2017). Claro que quando maior for a precisão do experimento melhores serão os resultados obtidos, no entanto deve ser discutido com os alunos que até quinze graus (15°) os erros associados serão pequenos e não devem provocar problemas na medida. Com os objetos posicionados no local adequado (figura 8) a massa deverá ser colocada para oscilar, gravando esse movimento durante alguns segundos e posteriormente realizando a análise no programa escolhido.



Figura 8 - Esquema de montagem para realização da análise (Acervo dos autores).

A análise do movimento deve ser realizada em dois momentos distintos, o primeiro pela visualização da figura fornecida pelo *Tracker*[®] (figura 9) e que deverá ser acompanhada dos seguintes questionamentos aos alunos: “Qual o tipo de movimento é descrito pela massa?” e “Qual a função matemática você supõe melhor descrever o movimento?”. As perguntas apresentadas aos alunos têm como objetivo favorecer uma reflexão sobre qual é a real característica do movimento observado, que muitas vezes não é percebido pelo excesso de aproximações que são realizadas nas aulas experimentais.

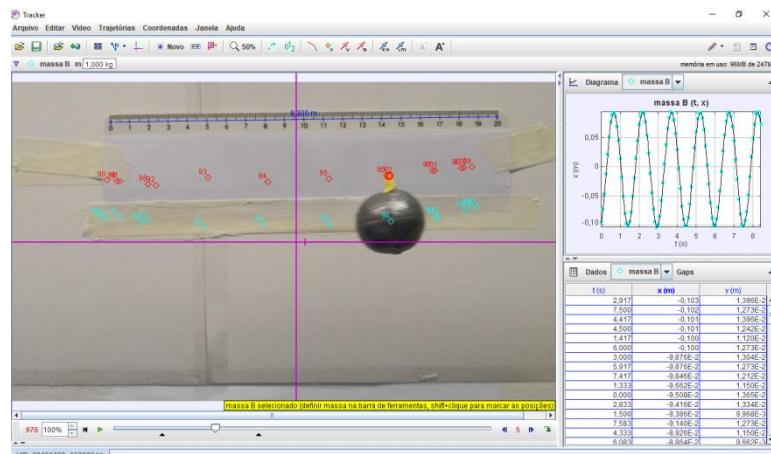


Figura 9 - Representação dos dados obtidos da projeção horizontal do movimento do pêndulo no Tracker[®] (Acervo dos autores).

O segundo, que será apresentado no próximo tópico, é onde o aluno deverá obter as informações que corroborem as respostas referentes as questões apontadas no primeiro momento da análise, que tem caráter prospectivo.

4.3 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS QUE DESCREVEM O MOVIMENTO

O procedimento agora é realizar a avaliação dos pontos obtidos no programa *Tracker*[®] e inseri-los no *Graph*[®], permitindo uma abordagem que em geral não é realizada nas aulas experimentais. Esses dados quando inseridos no programa de gráficos apresentará o mesmo comportamento visto durante a análise de imagem (figura 9), no entanto o procedimento agora que deverá ser realizado pelo aluno é escolher uma curva de ajuste pertinente com o que está sendo observado e para isso ele deverá lembrar das funções que descrevem os movimentos

harmônicos oscilatórios. Definindo a relação que considera mais conveniente deve ser escolhido no programa *Graph*® a opção “Inserir linha de tendência” (figura 10), que é representado por um ícone localizado na barra superior do programa.

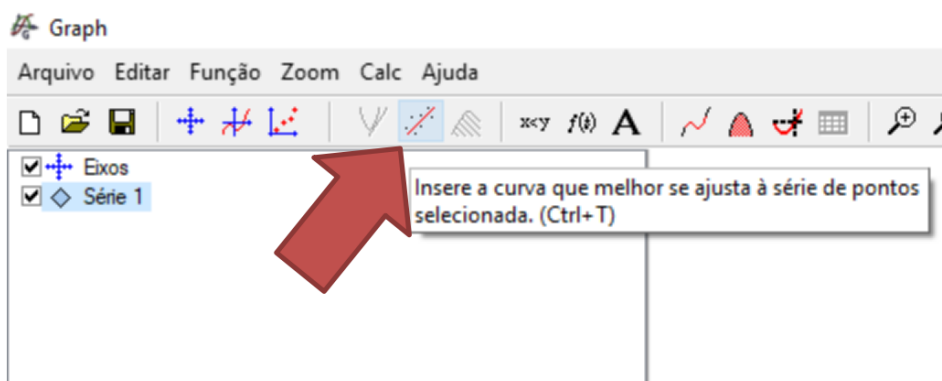


Figura 10 - Localização do ícone “Inserir linha de tendência” (Acervo dos autores).

Ao realizar o clique no ícone supracitado abrirá uma pequena janela no centro do programa, contendo uma série de opções, onde é possível perceber uma aba “Definida pelo usuário” (figura 11a) que deverá ser escolhida. Essa ação fará com que seja aberta uma nova tela (figura 11b) onde será possível inserir a função que o aluno considera a mais conveniente, no campo “Modelo”, para descrever o problema e assim avaliar os parâmetros envolvidos.

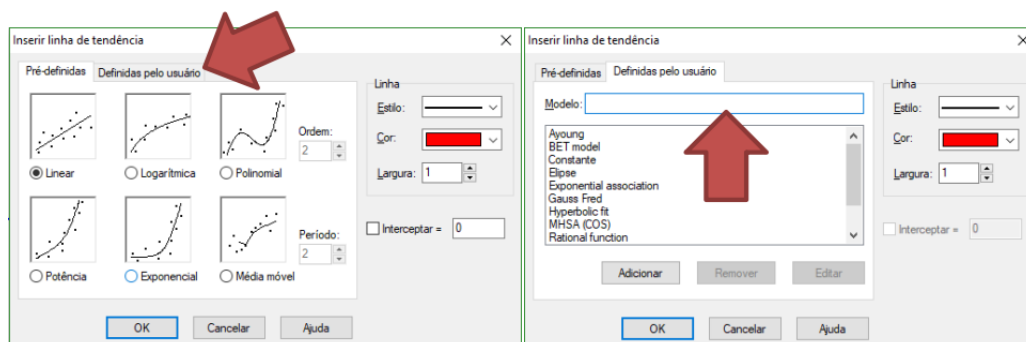


Figura 11 - Telas que serão abertas para a inserção das equações de ajuste no programa *Graph*®: a) janela onde pode ser observado o campo “Definidas pelo usuário” (figura a esquerda), b) janela onde será possível verificar o campo “Modelo” (figura a direita) (Acervo dos autores).

A escrita da equação no programa exige o respeito à sintaxe dele e assim todos os parâmetros que serão analisados devem ser precedidos por um cifrão (\$), permitindo que ele possa realizar as análises de convergência que buscam os valores que descrevem o problema. No caso da função do movimento harmônico amortecido são quatro parâmetros de interesse: A (amplitude), γ (coeficiente de amortecimento), ω (frequência angular de oscilação) e θ_0 (fase inicial), que podem ser representados, respectivamente, como \$A, \$g, \$w e \$o (eq.5).

$$(\$A) * \exp(-(\$g) * x) * \sin((\$w) * x + (\$o)) \quad (5)$$

Após a inserção da equação uma pequena janela será aberta no centro do programa, permitindo que os alunos possam definir o nome que deverá ser dado a ela e quais são os valores para realização da análise e assim determinação dos parâmetros de interesse (figura 12). Nesse momento é que os alunos devem ser questionados: “Quais são os valores mais prováveis para cada um dos parâmetros?”.

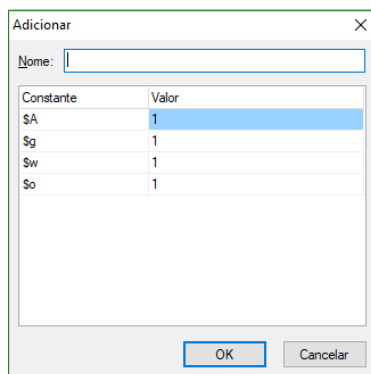


Figura 12 - Tela para a inserção dos valores dos parâmetros (Acervo dos autores).

Note que os alunos somente poderão responder a essa questão com alguma exatidão se eles realizaram os procedimentos de análise de vídeo observando os valores da amplitude inicial do movimento e o ângulo de abertura, por exemplo, e o valor de ω , se o gráfico obtido tem alguma significação física para eles. Valores inseridos que sejam muitos destoantes ao esperado ou uma função escolhida aleatoriamente não produzirão uma equação de ajuste adequada, obrigando que os alunos possam discutir novamente quais parâmetros foram mal estipulados e dando uma noção importante sobre valores esperados em uma determinada medida.

Caso a escolha dos valores seja adequada haverá um ajuste comportado da função aos pontos escolhidos (figura 13), permitindo o entendimento do problema sem procedimentos que causam mais dúvidas sobre o fenômeno ao invés de esclarecer. Isso permitirá a ele compreender, por exemplo, que apesar de existir um comportamento semelhante ao oscilatório simples, sem amortecimento, ele ocorre numa taxa muito pequena, que durante certo intervalo de tempo poderá ser desprezado.

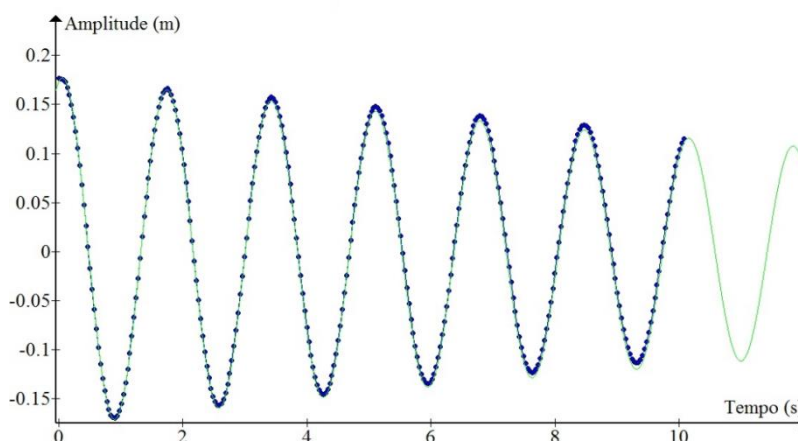


Figura 13 - Representação da curva de ajuste obtida com valores adequados ao fenômeno, sendo $A = 17$ cm, $\gamma = 0,0423 \text{ s}^{-1}$, $\omega = 3,73 \text{ rad/s}$, $\theta_0 = 10,77 \text{ rad}$ e r^2 (coeficiente de correlação) $\approx 0,998$ (Acervo dos autores).

Um ponto interessante é sugerir que os alunos realizem o processo de análise inserindo a função que descreve o movimento harmônico simples (eq. 1), usando o mesmo método apresentado para a inserção do movimento amortecido (eq. 5), permitindo que eles percebam que essa não produzirá o ajuste adequado para os pontos observados (figura 14). Isso deixará claro para os estudantes que apesar das perdas, devido ao atrito, serem pequenas elas existem e causam mudanças no comportamento dos corpos.

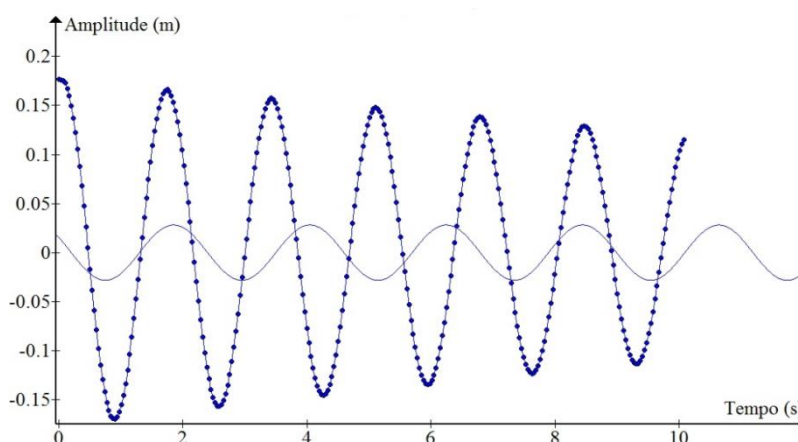


Figura 14 - Curva de ajuste (-) obtida para valores experimentais (●) que não condizem com o fenômeno, com $r^2 \approx 0,035$ (Acervo dos autores).

Um detalhe importante na atividade é que ela permite discutir o coeficiente de correlação, designada pela letra *r* ao quadrado, da curva proposta e dos pontos analisados por ele. Isso agregará conhecimento aos alunos que, entre outros aspectos, permitirá, em outras atividades experimentais, avaliar se a função de ajuste escolhida é a mais conveniente para seus pontos, baseando-se não apenas no visual e sim nos dados numéricos obtidos durante o processo de análise.

Como ponto de análise os alunos poderão ser questionados: “Qual a justificativa de não observarmos o amortecimento esperado para o movimento?”, “A partir do valor da frequência angular (ω) fornecida pela função de ajuste é possível obter o período de oscilação (T)?”, “É possível obter o comprimento do fio a partir dos dados fornecidos pela função de ajuste?”. Questões como essas poderão trazer a reflexão da infinidade de informações que podem ser obtidas de um experimento, fazendo com que os alunos reflitam sobre a necessidade de uma metodologia rígida quando são realizadas as atividades experimentais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação de um cientista, seja ele de áreas mais duras da ciência até as fronteiras com o ensino, deve estar baseada na maneira como esse futuro profissional deverá atuar ao longo da sua carreira. Propor atividades experimentais burocrática traz para os estudantes a ideia de que existem elementos na sua vida que devem ser realizados de forma burocrática e desvinculada da realidade que o cerca. É necessário formar indivíduos que sejam críticos e que possam buscar aprofundamento nos temas que lhe parecem mais simples, mostrando a eles a necessidade de verificar, testar, comprovar, errar e acertar.

Atividades experimentais focadas na obtenção única de parâmetros se aproximam de avaliações teóricas onde se busca um resultado para um problema, sendo assim nesse momento não é adequado impor metodologias que tem ideia onde:

A classificação das respostas em acertos e erros, ou satisfatórios e insatisfatórios, fundamenta-se numa concepção de que saber e não saber são excludentes, pois a avaliação sempre foi uma atividade de controle que visava selecionar, e neste sentido, o prazer de

aprender desaparece quando a aprendizagem se resume em notas e provas, onde o medo de errar é constante. (NOGARO; GRANELLA, 2004, p. 32)

Assim, consideramos que atividades experimentais focadas no questionamento e na apresentação de impressões sobre as observações do que está sendo realizado é mais produtivo para o ambiente acadêmico. Além disso, não menos importante nessa discussão, é que a utilização das TICs nesse processo é fundamental para uma mudança de paradigma na forma como as atividades experimentais são vistas pelas instituições de ensino superior, tornando os alunos mais preparados para atuar de forma mais segura e adeptos das várias ferramentas tecnológicas em nosso dia a dia.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. A. S. **Tecnologias de informação e comunicação (TIC) nas escolas: da idealização à realidade**. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação) - Instituto de Ciências da Educação. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2009.

BAPTISTA, D. A utilização da internet como ferramenta indispensável na busca contemporânea de informação: alguns aspectos relevantes. **Informação & Informação**, v. 12, n. 1, p.1-10, 2007.

BARBOSA, C. D.; GOMES, L. M.; CHAGAS, M. L.; FERREIRA, F. C. L. O uso de simuladores via smartphone no ensino de física: O experimento de Oersted. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, p. 012712-1, 2017.

BEZERRA JR, A. G.; OLIVEIRA, L. P.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. Videoanálise com o software livre tracker no laboratório didático de física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 469-490, 2012.

BONVENTI JR, W.; ARANHA, N. Estudo das oscilações amortecidas de um pêndulo físico com o auxílio do “Tracker”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 2504:1-2404:9, 2015.

BRASIL. **Parecer CNE/CES nº 1.304/2001**, 2001. Disponível em: <<https://bit.ly/2xpIFbb>>, Acesso em: 25 jan. 2019.

BROWN, D. **Tracker**: Video analysis and modeling tool, 2018. <<https://bit.ly/2MS7rqp>>, Acesso em: 25 jan. 2019.

COLOMBO JUNIOR, P. D.; OVIGLI, D. F. B.; PEREIRO, D. R. M.; PINTO, T. H. O.; SILVA, R. S. Ciência na cozinha: rompendo com as barreiras disciplinares. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 169-197, 2017.

CORREA, A.; Warpechowski, M.; PINTO, A. S. O uso dos motores de busca na Internet: como se configuram as pesquisas de conteúdo na Web para a produção de trabalhos educacionais. In:

Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2014), 3., 2014, Dourados. **Anais...** Brasília: CEIE, 2014. p. 360-369.

CRONEMBERGER, E. V.; PORTOCARRERO, M. L.; DONATO, A. R.; CUNHA, M. S.; BARRETO, T. F.; MENESES, J. V. L. O uso da internet como fonte de informação sobre cirurgia plástica na Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 27, p. 531-535, 2012.

CURCIO, Í. F. **Cor Luz - Cor Pigmento - A física e as artes**. 2013. 253 f. Tese (Doutorado em Educação, Arte e História da Cultura) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Arte e História da Cultura. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

FEHLBERG; E.; VARGA, G.; ANDREATTA-DA-COSTA, L. A utilização de laboratórios virtuais no ensino de química para a educação de jovens e adultos. **Renote**, v. 14, n. 2, p. 1-10, 2016.

FREITAS, F. V.; RIGOLON, R. G.; BONTEMPO, G. C. Avaliação e diagnóstico dos laboratórios didáticos das escolas públicas de Viçosa/MG 2013. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Atas...** Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2013. p. 1-8.

GALIZAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇAVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GLAWTANONG, P.; RITPHAN, S.; SIRISATHITKUL, C.; YAIPRASERT, C.; SIRISATHITKUL, Y. Studies of Free Falling Object and Simple Pendulum Using Digital Video Analysis. **Walailak Journal of Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 63-69, 2011.

GÖTZE, B.; HEINKE, H.; RIESE, J.; STAMPFER, C.; KUHLEN, S. Smartphone-Experimente zu harmonischen Pendelschwingungen mit der App phyphox. **PhyDid B (Didaktik der Physik)**, v. 8, n. 1, 233-239, 2017.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2017**: Notas Estatísticas. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

JESUS, V. L. N. **Experiments and Video Analysis in Classical Mechanics**. Berlin: Springer, 2017.

JOHANSEN, I. **Graph**: Plotting of mathematical functions, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2Rg7vRS>>, Acesso em: 25 jan. 2019.

KUHN, J.; VOGT, P. Applications and examples of experiments with mobile phones and smartphones in physics lessons. **Frontiers in Sensors**, v. 1, n. 4, p. 67-72, 2013.

LEGRAND, L. **Célestin Freinet**. José Gabriel Perissé (Org). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

MIRANDA, P. C. **Pêndulo simples**, 2008. Disponível em: <<https://bit.ly/2DtAr5p>>, Acesso em: 22 jan. 2019.

MOREIRA, I. C. Poesia na sala da aula de ciências? A literatura poética e possíveis usos didáticos. **A Física na Escola**, v. 3, n.1, P.17-23, 2002.

NICOLITE, M.; TRUCCOLO, E. C.; SCHETTINI, C. A. F.; CARVALHO, C. E. V. Oscilação do nível de água e a co-oscilação da maré astronômica no baixo estuário do rio Paraíba do Sul, RJ. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 2, p. 225-239, 2009.

NOGARO, A.; GRANELLA, E. O erro no processo e ensino e aprendizagem. **Revista de Ciências Humanas**, v. 5, p. 31-56, 2004.

NUSSENVEIG, H. M. **Curso de Física básica**, v. 2, 5^o ed, São Paulo: Blucher, 2014.

OIDOV, L.; TORTOGTOKH, U.; PUREVDAGVA, E. Virtual Laboratory for Physics Teaching. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND EDUCATION INNOVATION, 2012, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Jurong West: IPEDR, 2012, v. 37, p. 319-323.

OLIVEIRA, C.; MOURA, S. P.; SOUSA, E. R. TIC's na educação: a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. **Pedagogia em Ação**, v. 7, n. 1, p. 75-95, 2015.

OLIVEIRA, H. C. L.; OLIVEIRA, T. B.; VARELA, H. (2012). Dinâmica oscilatória em sistemas contendo bromato e 1,4-ciclo-hexanodiona em meio ácido: I. Efeito da temperatura. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 348-354, 2012.

PEREIRA, R. F.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Caderno de Resumos...** Florianópolis: Gráfica Floriprint, 2009. p. 12-23.

PEREIRA, A. L. C. **Pêndulo Simples e Determinação da Gravidade**, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2FSEERY>>, Acesso em: 22 jan. 2019.

RAMLI, M. H.; CHAN, K. T.; YAP, W. F. Study of simple pendulum using tracker video analysis and high speed camera: an interactive approach to analyze oscillatory motion. **Solid State Science and Technology**, v. 24, n. 2, p. 297–305, 2016.

ROCIO, V. **Tecnologias da informação e comunicação**, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2QWAZxT>>, Acesso em: 20 jan. 2019.

ROSA, N. **Google revela os assuntos mais buscados no Brasil em 2018**, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2REJ5XD>>, Acesso em: 20 jan. 2019.

RIFFEL, R. **Determinação da aceleração da gravidade**, 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/2T9EWHK>>, Acesso em: 22 jan. 2019.

SAMPAIO, P. A. S. R. A matemática através da arte de M. C. Escher. **Millenium**, n. 42, p. 49-58, 2012.

SANS, J. A.; MANJÓN, F. J.; PEREIRA, A. L. J.; GOMEZ-TEJEDOR, J. A.; MONSORIU, J. A. Oscillations studied with thesmartphone ambient light sensor. **European Journal of Physics**, v. 34, n. 6, p. 1349–1354, 2013.

SANTOS, C. A. ; GRÜMM, C. A. F. Proposta de um jogo de tabuleiro para o Ensino do Movimento do Contestado nas séries iniciais. In: ENCONTRO ESTADUAL DE HISTÓRIA DA ANPUH, 16., SC, 2016, Chapecó. **Anais...** SC, 2016.

SANTOS, M. S. **Jogo de tabuleiro educacional**: de um jogo para o ensino de artes a um modelo genérico para criação de múltiplos jogos. 2017. 156 f. Dissertação (Mestrado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SARTORI, A. S.; HUNG, E. S.; MOREIRA, P. J. Uso das TICs como ferramentas de ensino e aprendizagem: Notas para uma prática pedagógica educacional. Caso Florianópolis 2013/2014. **Contexto & Educação**. v. 31, n. 98, p. 133-152, 2016.

SILVA, T. T. **Darwin na sala de aula**: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva. 2013. 183 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOARES, M. A. G.; CRUZ, S. M. S.; CRUZ, F. A. O. Applets, apps e química: a busca de ferramentas para construção do conhecimento. In: CIET:ENPED:2018 - EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS: APRENDIZAGEM E CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO, 2018, São Carlos. **Anais...**, 2018. v. 4. p. 1-12.

SILVA, S. R. X.; BARRETO, L. P. Desenvolvimento de um laboratório virtual para ensino de física em cursos de engenharia através de physlets. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39., 2011, Blumenau. **Arquivos...** Distrito Federal: ABENGE, 2011. p. 1-10.

TATLI, Z.; AYAS, A. Virtual laboratory applications in chemistry education. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 9, p. 938–942, 2010.

TAVARES, R.; SOUZA, R. O. O.; CORREIA, A. O. Um estudo sobre a “TIC” e o ensino da química. **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 5, p.155-167, 2013.

UCB - University of Colorado Boulder. **pH: Básico da Escala**, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2WamX5W>>, Acesso em: 22 jan. 2019.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Indicadores e estatísticas TIC para o desenvolvimento**. São Paulo: Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação, 2013.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **TIC na educação do Brasil**, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2cuAzFS>>, Acesso em: 22 jan. 2019.

VOGT, P.; KUHN, J. Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. **The Physics Teacher**, v. 50, n. 7, p.439-440, 2012.

WONG, W. K. W.; CHAO, T. K.; CHEN, P. R.; LIEN, Y. W.; WU, C. J. Pendulum experiments with three modern electronic devices and a modeling tool. **Journal of Computers in Education**, v. 2, n. 1, p. 77-92, 2015.