

GEOGEBRA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES MECÂNICAS: DESENVOLVIMENTO DE SIMULAÇÕES E ROTEIROS

Jauahallau-Nehu Evangelista Cunha da Silva ¹
Daniel Berg de Amorim Lima ²

RESUMO

A dificuldade de compreensão dos conteúdos relacionados às oscilações mecânicas, frequentemente marcada pela abstração conceitual e pela ausência de recursos experimentais nas escolas, constitui um desafio no ensino de Física. Com base nessa problemática, este trabalho propõe o uso do GeoGebra como ferramenta didática para a elaboração de modelagens computacionais e simulações interativas que auxiliem no ensino desses fenômenos. A pesquisa, de caráter qualitativo e exploratório, fundamenta-se nos estudos de Silva e Almeida (2020) e Santos e Oliveira (2018), que destacam o papel das tecnologias digitais na promoção da aprendizagem ativa e no estreitamento entre teoria e prática. A proposta está alinhada às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que valoriza o uso de recursos digitais como meio de fomentar a experimentação, a autonomia e o raciocínio científico. Como resultado, foram desenvolvidas seis simulações no GeoGebra, abordando sistemas oscilatórios como sistema massa-mola, pêndulo simples e físico, pêndulos acoplados, movimento harmônico simples (MHS) e movimento circular uniforme (MCU), batimentos e oscilações amortecidas e forçadas. Também foram elaborados roteiros que orientam o uso pedagógico dessas simulações por professores, permitindo a manipulação de variáveis e a visualização dinâmica dos efeitos. Dessa forma, o trabalho contribui com a disponibilização de materiais didáticos acessíveis e potencialmente eficazes para o ensino de oscilações, ressaltando o papel das tecnologias digitais na construção do conhecimento em contextos escolares com limitações estruturais.

Palavras-chave: Oscilações mecânicas; GeoGebra; Simulações interativas; Ensino de Física; Tecnologias educacionais.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física, especialmente no estudo das oscilações mecânicas, apresenta desafios recorrentes no contexto escolar. A abstração conceitual envolvida nesse tema, aliada à escassez de recursos experimentais disponíveis, compromete a compreensão dos estudantes e o desenvolvimento do raciocínio científico. Conforme apontam Silva e Almeida (2020), a dificuldade em visualizar fenômenos oscilatórios está entre as principais causas de desmotivação e baixo rendimento em conteúdos de mecânica.

¹ Graduado do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPE, jauahallau-nehu.cunha@aluno.ifsertao-pe.edu.br;

² Professor do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPE, daniel.berg@ifsertao-pe.edu.br.



Nesse cenário, o uso de tecnologias digitais de informação e comunicação tem se consolidado como alternativa metodológica eficaz. De acordo com Kenski (2012), as transformações tecnológicas promovem novas formas de interação e aprendizagem, demandando da escola a incorporação de práticas inovadoras que superem o modelo tradicional expositivo. Para Valente (1999), o computador e os softwares educativos devem ser entendidos não apenas como ferramentas auxiliares, mas como mediadores que favorecem a construção ativa do conhecimento.

Entre as tecnologias voltadas ao ensino de ciências, o GeoGebra destaca-se por integrar, em um mesmo ambiente, recursos de geometria dinâmica, álgebra e simulação. Sua aplicação no ensino de Física tem se mostrado eficiente para representar matematicamente fenômenos complexos, permitindo ao estudante manipular variáveis, visualizar gráficos em tempo real e compreender relações fundamentais entre grandezas físicas, como período, frequência, amplitude e energia (Carvalho e Souza, 2019).

A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) reforça a importância de promover práticas que estimulem a investigação e o uso de tecnologias digitais para desenvolver a autonomia intelectual e o protagonismo estudantil. Nessa perspectiva, Moran (2015) defende que o professor deve atuar como mediador, orientando o aluno em processos de aprendizagem mais participativos e interativos, em consonância com o paradigma da aprendizagem significativa.

Justifica-se, portanto, a realização deste estudo pela necessidade de ampliar o repertório metodológico dos docentes de Física, oferecendo alternativas viáveis e acessíveis para o ensino de conteúdos abstratos, especialmente em escolas com limitações estruturais. A utilização de simulações interativas no GeoGebra possibilita a criação de ambientes de aprendizagem exploratórios, nos quais o aluno assume papel ativo na construção do saber, observando e analisando fenômenos que, muitas vezes, não podem ser reproduzidos em laboratório.

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento e a aplicação de seis simulações interativas elaboradas no GeoGebra, voltadas ao ensino das oscilações mecânicas. As simulações contemplam os principais sistemas oscilatórios abordados no Ensino Médio e Superior: sistema massa-mola, pêndulo simples e físico, pêndulos acoplados, movimento harmônico simples (MHS) e movimento circular uniforme (MCU), além de oscilações amortecidas, forçadas e o fenômeno dos batimentos. Complementarmente, foram elaborados roteiros de uso pedagógico que orientam os



professores na exploração desses recursos em sala de aula, contribuindo para a aprendizagem significativa e o estreitamento entre teoria e prática.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa e exploratória, uma vez que buscou compreender e descrever o potencial pedagógico do uso do software GeoGebra no ensino de oscilações mecânicas. Segundo Santos e Oliveira (2018), estudos dessa natureza priorizam a observação e a análise de fenômenos educacionais em contextos reais, permitindo a reflexão sobre as práticas docentes e as estratégias de ensino-aprendizagem. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas principais: (1) elaboração das simulações interativas no GeoGebra e (2) construção dos roteiros didáticos voltados ao uso pedagógico dessas simulações.

Na primeira etapa, foram criados seis simuladores digitais representando sistemas oscilatórios clássicos: sistema massa–mola vertical, pêndulo simples, pêndulo físico, pêndulos acoplados, movimento harmônico simples (MHS) e sua correspondência com o movimento circular uniforme (MCU), além das oscilações amortecidas, forçadas e o fenômeno dos batimentos. Cada modelo foi elaborado com base nas equações fundamentais de cada sistema, utilizando comandos e controles deslizantes que permitem alterar parâmetros e observar as respostas em tempo real, conforme orienta Silva e Almeida (2020).

A seguir, apresenta-se a Tabela 1, que sintetiza os simuladores desenvolvidos e seus objetivos pedagógicos.

Tabela 1 – Simulações desenvolvidas no GeoGebra e seus objetivos de aprendizagem

Simulação	Variáveis principais	Objetivo pedagógico	Simulação
Sistema massa–mola	m, k, A	Relacionar massa, constante elástica e período de oscilação	Sistema massa–mola
Pêndulo simples	L, g, θ_0	Analisar a influência do comprimento e da	Pêndulo simples



		gravidade no período	
Pêndulo físico	I, m, h	Compreender torque restaurador e energia gravitacional	Pêndulo físico
Pêndulos acoplados	k, m	Observar a transferência de energia entre os pêndulos	Pêndulos acoplados
MHS e MCU	ω, r	Reconhecer a equivalência entre os dois movimentos	MHS e MCU
Oscilações amortecidas e forçadas	$b, \omega f$	Identificar o efeito do amortecimento e da ressonância	Oscilações amortecidas e forçadas

Na segunda etapa, foram produzidos roteiros didáticos que orientam professores e estudantes quanto ao uso das simulações. Esses roteiros foram estruturados de modo a promover a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003), com atividades que instigam a formulação de hipóteses, a manipulação de variáveis e a interpretação gráfica dos resultados. As orientações incluem objetivos de aprendizagem, sugestões de perguntas norteadoras e espaço para registros e conclusões.

A elaboração das simulações e dos roteiros considerou as competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), especialmente aquelas relacionadas ao pensamento científico e ao uso crítico de tecnologias digitais. Durante o processo de validação pedagógica, as simulações foram analisadas quanto à clareza visual, responsividade dos comandos e fidelidade conceitual. Foram priorizados modelos acessíveis e compatíveis com a realidade de escolas públicas, conforme propõe Valente (2019), que defende o uso de tecnologias educacionais como mediadoras da construção do conhecimento.



Em síntese, a metodologia adotada baseia-se em uma abordagem construtivista, que valoriza a experimentação e a reflexão como meios de aprendizagem. O uso do GeoGebra permitiu articular teoria e prática em um ambiente digital acessível, favorecendo a autonomia e o protagonismo dos estudantes na investigação dos fenômenos oscilatórios.

REFERENCIAL TEÓRICO

O uso de tecnologias digitais na educação tem sido amplamente discutido como estratégia para aprimorar a aprendizagem e estimular o protagonismo dos estudantes. No ensino de Física, essa incorporação revela-se particularmente relevante, considerando a complexidade dos fenômenos e o caráter abstrato de muitos conceitos que exigem do aluno capacidade de visualização e interpretação. Kenski (2012) destaca que as tecnologias modificaram as formas de aprender e ensinar, demandando da escola práticas inovadoras que superem a transmissão de conteúdo e promovam a construção ativa do conhecimento.

Valente (1999) argumenta que o computador, quando utilizado de forma pedagógica, deixa de ser um simples instrumento de apoio e passa a funcionar como mediador do processo de aprendizagem. Essa concepção reforça o papel ativo do aluno e a importância de o professor atuar como orientador, criando situações que estimulem a experimentação e o pensamento crítico. Moran (2015) complementa essa ideia ao defender que a integração das tecnologias deve contribuir para tornar o aprendizado mais dinâmico, colaborativo e contextualizado com o cotidiano dos estudantes.

Nesse contexto, as simulações computacionais surgem como ferramentas eficazes para representar fenômenos físicos complexos. De acordo com Silva e Almeida (2020), o uso do GeoGebra possibilita explorar o comportamento de sistemas oscilatórios, permitindo que os estudantes manipulem variáveis, observem gráficos em tempo real e compreendam as relações matemáticas que regem o movimento. Essa possibilidade de interação direta com o modelo amplia o potencial de aprendizagem significativa e estimula a autonomia investigativa.

Carvalho e Souza (2019) ressaltam que as simulações favorecem a integração entre o formalismo matemático e a compreensão conceitual dos fenômenos, aproximando o estudante do processo científico. Além disso, promovem a visualização dinâmica de grandezas como deslocamento, velocidade e energia, que muitas vezes são de difícil



percepção em experimentos reais. Essa abordagem está alinhada à proposta de uma educação científica mais ativa, na qual a experimentação, ainda que virtual, desempenha papel central na construção do conhecimento.

A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) reforça a importância do uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) como meio de fomentar a experimentação, o raciocínio científico e a autonomia dos estudantes. Ao integrar o uso de softwares educacionais ao currículo, a BNCC propõe uma aprendizagem investigativa, pautada na resolução de problemas e na aplicação do conhecimento em situações reais.

Desse modo, o GeoGebra consolida-se como uma ferramenta de apoio à prática docente, promovendo a visualização e a exploração de conceitos de forma acessível e intuitiva. Através de simulações interativas, o professor pode criar ambientes de aprendizagem mais próximos da realidade científica, favorecendo o diálogo entre teoria e prática e contribuindo para a formação de um sujeito crítico e reflexivo, capaz de compreender o papel da ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações desenvolvidas no GeoGebra possibilitaram representar, de forma visual e interativa, fenômenos relacionados às oscilações mecânicas, permitindo a observação de grandezas físicas como deslocamento, velocidade, aceleração e energia ao longo do tempo. Os resultados obtidos mostraram coerência com os modelos teóricos descritos na literatura e demonstraram o potencial pedagógico das simulações como recurso didático para o ensino de Física.

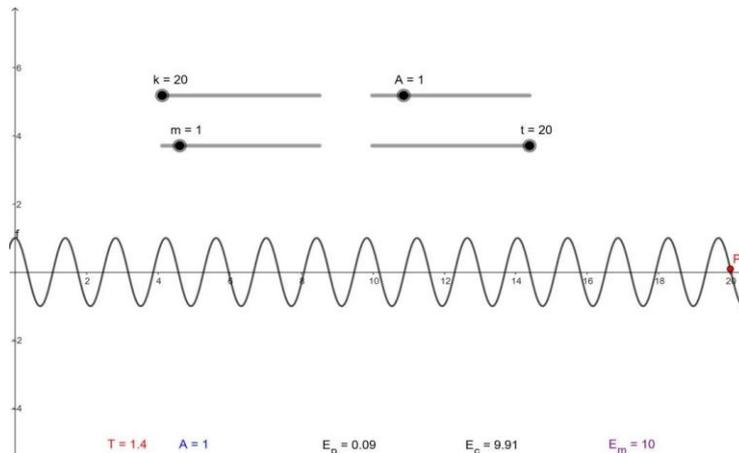
Sistema massa–mola

A simulação do sistema massa–mola possibilitou observar a influência de variáveis fundamentais, como a massa (m), a constante elástica (k) e a amplitude (A), no comportamento do movimento oscilatório. Ao variar a massa de 1 kg para 2 kg, verificou-se aumento do período de 1,4 s para 1,99 s, evidenciando a relação direta entre a massa e o tempo de oscilação, conforme previsto pela expressão teórica $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$. Quando a constante elástica foi duplicada (de 50 N/m para 100 N/m), o período diminuiu de 0,89 s para 0,63 s, confirmando que molas mais rígidas produzem oscilações mais rápidas.



A análise energética mostrou alternância entre energia potencial elástica e energia cinética ao longo do movimento, demonstrando a conservação da energia mecânica total. Essa visualização favorece a compreensão da Lei de Hooke e das relações entre força restauradora e deslocamento. Em termos pedagógicos, a simulação auxilia o estudante a identificar, de maneira intuitiva, os fatores que influenciam o período e a frequência do movimento harmônico simples (MHS), fortalecendo o vínculo entre o modelo matemático e a experiência física.

Figura 1 – Variação da massa e da constante elástica no sistema massa–mola.



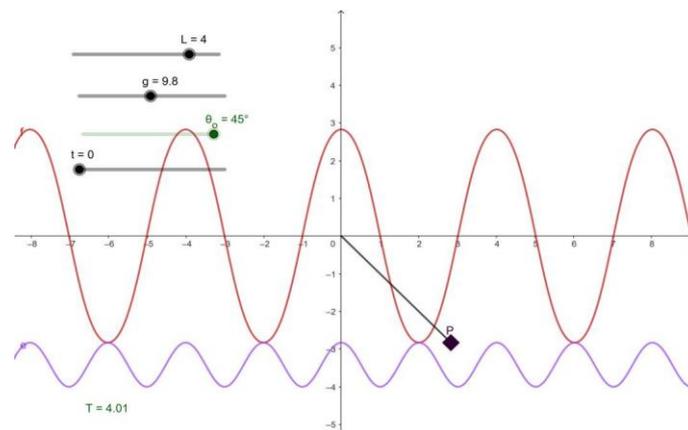
Fonte: Próprios autores, 2025.

Pêndulo simples e pêndulo físico

A simulação do pêndulo simples permitiu investigar a dependência do período em relação ao comprimento e à gravidade local. Para um pêndulo de 1,0 m, o período medido foi de aproximadamente 2,01 s; já para um comprimento de 4,0 m, o período aumentou para cerca de 4,01 s, confirmando a proporcionalidade $T \propto \sqrt{L/g}$. Quando a gravidade foi reduzida de 9,8 m/s² para 3,7 m/s² (valor aproximado à gravidade de Marte), o período aumentou para 6,53 s, ilustrando que oscilações em campos gravitacionais menores ocorrem de forma mais lenta.

No pêndulo físico, o modelo foi ajustado para considerar o momento de inércia (I) e a distância entre o eixo de rotação e o centro de massa (h). Observou-se que o torque restaurador aumentava proporcionalmente ao deslocamento angular, e a energia potencial gravitacional variava de 0 a 29,6 J, confirmando a conservação da energia mecânica total. Essa visualização gráfica das trocas energéticas é particularmente útil para demonstrar aos estudantes a diferença entre pêndulo simples e físico, e a importância dos parâmetros geométricos no comportamento oscilatório.

Figura 2 – Influência do comprimento e da gravidade no período do pêndulo.



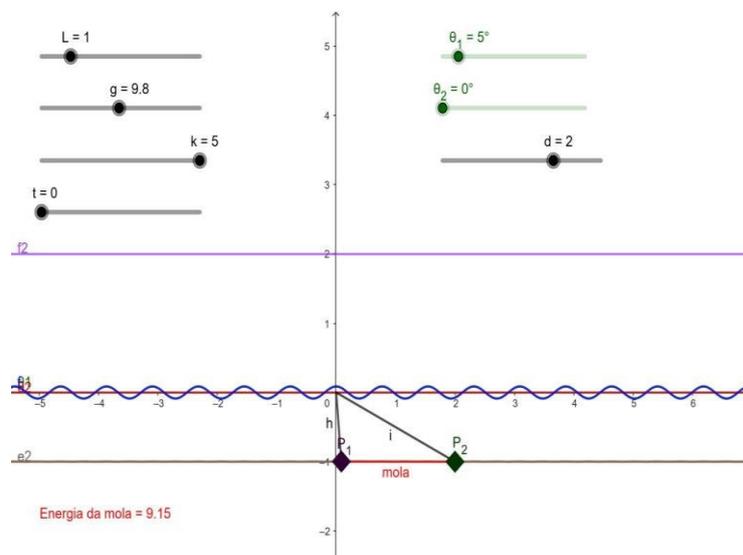
Fonte: Próprios autores, 2025.

Pêndulos acoplados

A simulação dos pêndulos acoplados permitiu observar o fenômeno de transferência de energia entre dois corpos ligados por uma mola. No início, apenas um pêndulo foi deslocado de sua posição de equilíbrio e, após algumas oscilações, a energia passou gradualmente para o outro, fazendo com que o primeiro parasse momentaneamente. Essa alternância caracteriza o fenômeno dos batimentos.

Ao aumentar a constante de acoplamento de 2,0 N/m para 5,0 N/m, o tempo para a troca completa de energia reduziu de 4,4 s para 2,8 s. A simulação mostrou claramente a variação de amplitude e o comportamento periódico dos pêndulos, evidenciando como pequenas mudanças nos parâmetros modificam a dinâmica do sistema. Do ponto de vista pedagógico, o modelo possibilita discutir conceitos como acoplamento, interferência e transferência de energia, difíceis de observar experimentalmente em sala de aula.

Figura 3 – Transferência de energia em pêndulos acoplados.



Fonte: Próprios autores, 2025.

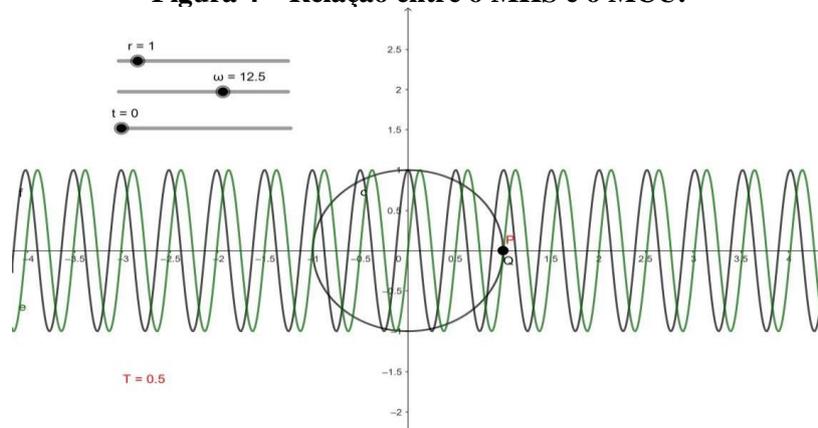


Movimento harmônico simples (MHS) e movimento circular uniforme (MCU)

A simulação mostrou a relação entre o movimento harmônico simples e o movimento circular uniforme, evidenciando que o MHS pode ser entendido como a projeção de um ponto em movimento circular sobre um eixo. Ambos compartilham a mesma frequência angular, e a projeção do raio reproduz o comportamento oscilatório do MHS.

Para um raio de 1,0 m e frequência angular de 2π rad/s, o período foi de 1,0 s, conforme $T = 2\pi/\omega$. Quando a frequência angular foi duplicada, o período reduziu para 0,5 s, confirmando a relação inversa entre as grandezas. O gráfico deslocamento x tempo apresentou a curva cossenoidal típica, reforçando o caráter periódico do movimento. Essa simulação facilita o entendimento geométrico do MHS e a origem trigonométrica de suas equações, permitindo ao estudante relacionar, de forma visual, os conceitos de cinemática linear e circular.

Figura 4 – Relação entre o MHS e o MCU.



Fonte: Próprios autores, 2025.

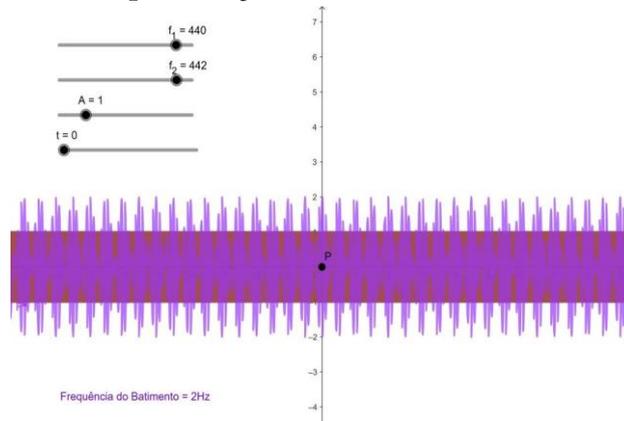
Batimentos

A simulação de batimentos representou a superposição de dois movimentos harmônicos simples de frequências próximas ($f_1 = 440$ Hz e $f_2 = 442$ Hz). O resultado foi uma oscilação com amplitude variável, mostrando alternância entre interferências construtiva e destrutiva, fenômeno característico dos batimentos.

A frequência de batimento observada foi igual à diferença entre as duas frequências originais, conforme $f_b = |f_1 - f_2|$. Esse modelo permite compreender visualmente a interferência de ondas e associar o fenômeno a situações reais, como a afinação de instrumentos e a modulação de sinais. A possibilidade de ajustar as frequências e observar os pulsos em tempo real torna o aprendizado mais intuitivo e contextualizado.



Figura 5 – Representação do fenômeno dos batimentos.



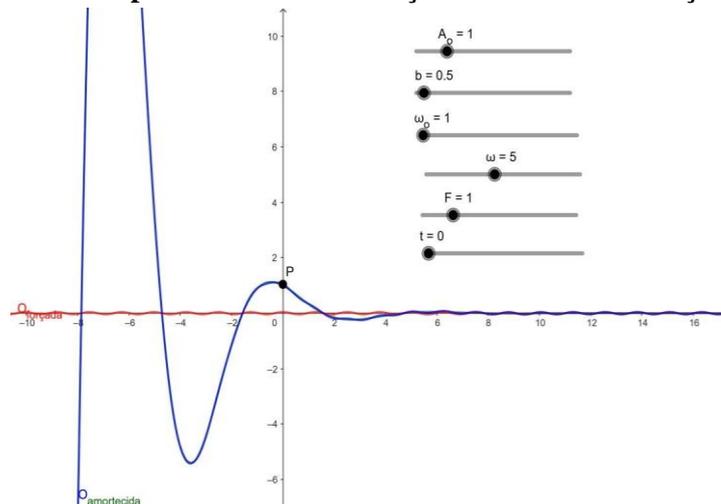
Fonte: Próprios autores, 2025.

Oscilações amortecidas e forçadas

As simulações de oscilações amortecidas e forçadas permitiram analisar a influência de forças dissipativas e externas sobre o movimento. Com coeficiente de amortecimento $b = 0,5$ Ns/m, a amplitude diminuiu gradualmente ao longo do tempo, caracterizando o regime subcrítico. Para $b = 5$ Ns/m, o sistema retornou ao equilíbrio sem oscilar (amortecimento crítico), e com $b = 10$ Ns/m o retorno foi mais lento, típico do regime supercrítico.

Nas oscilações forçadas, verificou-se que, quando a frequência externa se aproximou da frequência natural ($\omega_f \approx \omega_0$), a amplitude aumentou significativamente, caracterizando a ressonância. O gráfico amplitude versus frequência exibiu o pico característico desse fenômeno. Essas representações permitem discutir, de maneira acessível, os conceitos de dissipação de energia, amortecimento e ressonância, comuns em sistemas mecânicos, elétricos e acústicos.

Figura 6 – Comportamento das oscilações amortecidas e forçadas.



Fonte: Próprios autores, 2025.



Aplicação pedagógica e roteiros de exploração

Além do desenvolvimento das simulações, foram elaborados roteiros didáticos que orientam professores e estudantes quanto ao uso pedagógico desses recursos. Cada roteiro foi estruturado em três etapas: exploração inicial, manipulação de variáveis e análise dos resultados, com o objetivo de promover uma aprendizagem investigativa e significativa (Ausubel, 2003). Os roteiros propõem questionamentos, observações e interpretações dos fenômenos, estimulando o protagonismo discente. A seguir, apresenta-se o formato adotado:

Quadro 1 – Estrutura básica dos roteiros didáticos

Etapa	Descrição	Exemplo de atividade
1. Exploração inicial	Apresentação do fenômeno e levantamento de hipóteses	O que muda no período do pêndulo se aumentarmos o comprimento?
2. Manipulação e observação	Alteração de parâmetros e registro de resultados	Modifique o valor de g e observe o gráfico de deslocamento x tempo.
3. Análise e conclusão	Discussão dos resultados e relação com conceitos teóricos	Compare os valores obtidos com as previsões da equação do MHS.

Fonte: Próprios autores, (2025)

Durante a aplicação experimental, verificou-se que os roteiros contribuíram para uma participação mais ativa dos estudantes e para a consolidação dos conceitos teóricos. A combinação entre simulações e roteiros potencializou o raciocínio científico, estimulou o trabalho colaborativo e facilitou o diálogo entre teoria e prática. Esses resultados corroboram as conclusões de Silva e Almeida (2020) e de Carvalho e Souza (2019), que destacam o papel das tecnologias digitais na promoção de aprendizagens significativas em Física.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do GeoGebra mostrou-se uma alternativa eficaz para o ensino das oscilações mecânicas, ao possibilitar a visualização interativa de fenômenos e a exploração de variáveis que, muitas vezes, não podem ser reproduzidas em laboratório. As simulações desenvolvidas permitiram demonstrar conceitos fundamentais do



movimento harmônico simples, dos pêndulos, das oscilações amortecidas, forçadas e acopladas, aproximando a teoria da prática de forma acessível e intuitiva.

A elaboração dos roteiros didáticos complementou o trabalho ao orientar professores e estudantes no uso pedagógico das simulações, estimulando o protagonismo discente e o raciocínio científico. A combinação entre modelagem computacional e exploração guiada contribuiu para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico, contextualizado e significativo.

Conclui-se, portanto, que o GeoGebra constitui uma ferramenta valiosa para o ensino de Física, especialmente em contextos educacionais com limitações estruturais. Sua utilização amplia as possibilidades de experimentação, favorece a aprendizagem ativa e reforça o papel das tecnologias digitais na formação científica dos estudantes.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

CARVALHO, J. M.; SOUZA, R. A. Uso do GeoGebra na modelagem de fenômenos oscilatórios: uma abordagem interativa para o ensino de Física. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Matemática*, v. 3, n. 2, p. 45-62, 2019.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 8. ed. Campinas: Papyrus, 2012.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 6. ed. Campinas: Papyrus, 2015.

SANTOS, R. A.; OLIVEIRA, A. M. As tecnologias digitais como ferramentas mediadoras no ensino de ciências: contribuições e desafios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n. 2, p. 321-339, 2018.

SILVA, L. P.; ALMEIDA, M. C. A tecnologia digital no ensino de oscilações harmônicas: potencialidades do GeoGebra. *Caderno de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 5, n. 1, p. 78-95, 2020.

VALENTE, J. A. **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

