



EXPERIMENTO REMOTO DE LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS: RELATOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS DOS ALUNOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6048

Autores: CARLOS ANTONIO DA ROCHA, MATHEUS SANTOS NOGUEIRA

Resumo: Este estudo examina o impacto de um experimento de laboratório remoto no aprendizado de Física, usando uma abordagem de estudo de caso. Nesse sentido, foram utilizadas as metodologias ativas de aprendizagem, a qual tem sido proposta como alternativa aos modelos convencionais de ensino. Esses métodos ativos capacitam os alunos a desenvolver novas habilidades e competências para além do conhecimento acadêmico transmitido em aulas teóricas. No intuito de melhorar os resultados da aprendizagem dos alunos, esta pesquisa desenvolveu um modelo experimental para aplicação em aulas de Laboratório de Física para a Engenharia. Isso envolveu a criação de um experimento de laboratório para o movimento oblíquo de projéteis, a construção do aparato necessário, a gravação do experimento em um filme, a apresentação do vídeo para um público de alunos remotos e a avaliação do modelo por meio de questionários com foco na compreensão conceitual e em questões relacionadas.

Palavras-chave: metodologias ativas, laboratório remoto de Física, movimento de projéteis

EXPERIMENTO REMOTO DE LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS: RELATOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS DOS ALUNOS

1 INTRODUÇÃO

Em conjunto com o progresso científico e tecnológico do último século, surgiu um debate crescente sobre a reestruturação do sistema educacional atual para atender às demandas de uma nova realidade (Miller; Shapiro; Hiding-Hamann, 2008). As metodologias ativas de aprendizagem são apresentadas como alternativas à abordagem de ensino convencional estabelecida. Essas abordagens centralizam o papel do aluno no processo de aprendizagem, capacitando-o a construir ativamente seu próprio conhecimento (Moreira, 2018; Henriques; Prado; Vieira, 2014).

Apesar das discussões sobre a reforma educacional e a sugestão de métodos de ensino aprimorados, os métodos tradicionais de ensino, particularmente em Física, estão defasados (Barbosa; Moura, 2013). Moreira (2017) observa que o currículo atual de Física frequentemente carece de relevância para os conceitos e a tecnologia modernos, resultando em um aprendizado desatualizado e mecânico. A Física pode ser mal interpretada como uma ciência completa e estática. Moraes (2009) destaca ainda a falta de contextualização e de aplicações práticas ligadas às experiências vividas pelos alunos como uma fonte de confusão no ensino de Física.

Este estudo tem como objetivo principal utilizar a metodologia de aprendizagem ativa e avaliar o efeito de um experimento de laboratório remoto na aprendizagem de Física. Isso envolverá o planejamento de um experimento de laboratório de Física e a construção do aparato associado, especificamente sobre o movimento oblíquo de projéteis, com foco no conceito de conservação de energia. Como objetivos específicos, pode-se destacar:

- a) Criação de um roteiro para um experimento de física, a partir de uma extensa revisão bibliográfica, com base nos conceitos de metodologias ativas estudados;
- b) Construção do aparato didático a ser utilizado, privilegiando materiais de baixo custo e o uso de celulares e seus aplicativos para análise de dados;
- c) Avaliação do material produzido por meio de experimentação remota com as turmas de engenharia.

1.1 Metodologias ativas de aprendizagem

As metodologias ativas de aprendizagem são alternativas criadas para substituir os métodos tradicionais de ensino. Suas principais características incluem a aprendizagem centrada no aluno, a transformação do aluno em um produtor ativo de conhecimento e a mudança do papel do professor para o de fornecimento de orientação, recursos e apoio (Barbosa; Moura, 2013; Henriques; Prado; Vieira, 2014). A seguir, listamos três importantes metodologias ativas atualmente em discussão no meio acadêmico.

Aprendizagem baseada em projetos (ABPj)

A aprendizagem baseada em projetos (ABPj) é uma abordagem de aprendizagem ativa em que os alunos aprendem participando do desenvolvimento de projetos baseados em situações do mundo real. O objetivo é fornecer um tópico para investigação e aprofundar os conceitos acadêmicos teóricos em contextos práticos. A ABPj promove o pensamento crítico

e as habilidades de resolução de problemas (Bender, 2014; Oliveira, 2019; Barbosa; Moura, 2013; Buck Institute for Education, 2008). A aquisição de conhecimento na ABPj geralmente envolve o estudo e a apresentação de uma configuração experimental dentro do ambiente escolar, embora não se limite à criação de um produto físico (Araujo, 2019; Oliveira, 2019).

Oliveira (2019) sugere que a ABPj deve ser estruturada em torno do conteúdo acadêmico e integrada às experiências do aluno no mundo real. Larmer e Mergendoller (2015) descrevem oito características principais do projeto, conforme visto na Figura 1: Problema ou pergunta desafiadora; investigação sustentada; autenticidade; voz e escolha do estudante; reflexão; crítica & revisão; produto público; e conhecimentos fundamentais, compreensão, & habilidades de sucesso.

Figura 1: Elementos-chave da ABP padrão ouro (Larmer; Mergendoller, 2015).



Fonte e Tradução: Araujo (2019)

Araújo (2019) observa que, na ABPj, os alunos colaboram para produzir habilidades e conhecimentos ao investigar o problema proposto e formular hipóteses. Os alunos também podem observar os aspectos práticos do conteúdo estudado, pois os projetos são baseados em cenários do mundo real.

O papel do professor na ABPj é fornecer os recursos necessários para o desenvolvimento do projeto, orientar os alunos, monitorar o progresso e esclarecer dúvidas (Araujo, 2019; Barbosa; Moura, 2013).

A avaliação na ABPj é predominantemente qualitativa, conforme observado por Pasqualetto (2017), muitas vezes envolvendo registros, notas e questionários. Araujo (2019) e Oliveira (2019) também utilizam registros e questionários para coleta e análise de dados. Na Física, a avaliação quantitativa é muitas vezes necessária e, nesse trabalho, um grande esforço é direcionado nesse sentido.

Aprendizagem Baseada em Problemas (ABPb)

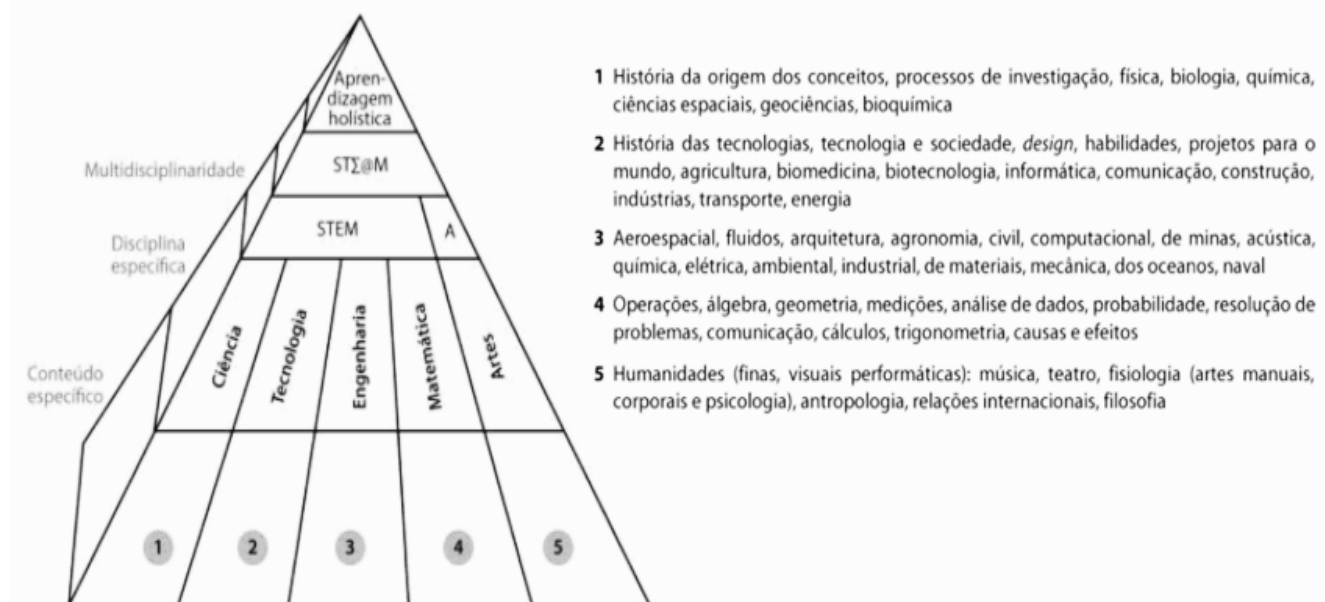
A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABPb) introduz uma tarefa que estimula a aprendizagem autodirigida (Barbosa; Moura, 2013; Paranhos et al., 2017). Studart (2019), Borochovcicius e Tortella (2014) acrescentam que a ABPb se baseia no desenvolvimento de conceitos, habilidades e procedimentos por parte dos alunos ao abordar problemas do mundo real. Barbosa e Moura (2013) enfatizam que tanto os alunos quanto os professores

compartilham a responsabilidade pelo aprendizado. O papel do professor envolve motivar os alunos, fornecer orientação e mediar discussões. O foco não está em um produto final, mas no processo investigativo e na aprendizagem colaborativa.

Educação em Ciências, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática (STEAM)

A educação STEAM é uma abordagem pedagógica multidisciplinar que ganhou destaque nos últimos anos. Ela integra Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática (STEAM). Ela promove a aprendizagem integrada (Graça et al., 2020; Yakman; Lee, 2012). Para Yakman (2008), a STEAM é considerada uma ferramenta que contribui para uma educação capaz de promover habilidades de resolução de problemas, criatividade, pensamento crítico, colaboração e comunicação, sem que o conteúdo acadêmico seja afetado. A Figura 2 mostra um diagrama da estrutura do STEAM. Ela mostra como as áreas de conhecimento estão interconectadas.

Figura 2: Diagrama de G. Yakman que estabelece uma estrutura para estruturar e analisar a natureza interativa da prática e do estudo dos campos formais da ciência, tecnologia, engenharia, matemática e artes (Yakman, 2008).



Fonte e Tradução: Bacich e Holanda, 2020.

Kim e Chae (2016) citam o design criativo e o envolvimento emocional como a base do STEAM, promovendo o aprendizado autodirigido e o interesse do aluno.

Embora o STEAM ainda esteja emergindo na pesquisa educacional, Bacich e Holanda (2020) apontam a falta de clareza em sua implementação prática. Eles argumentam que o STEAM deve ser integrado a abordagens de aprendizagem ativa, especialmente a ABPj. Para esses autores, a estrutura do STEAM se alinha com a da ABPj: começa com um problema baseado em cenários do mundo real, enfatiza a aprendizagem investigativa que leva a um artefato e culmina com a apresentação dos resultados do projeto.

1.2 Movimento de projétil (movimento balístico)

O movimento do projétil descreve o movimento de um objeto lançado a uma velocidade inicial v_0 , em um ângulo α_0 em relação à horizontal, sujeito à aceleração gravitacional $\vec{a} = -g\hat{j}$. A trajetória resultante é uma parábola vertical. Esse modelo simplifica a análise ao

negligenciar a resistência do ar e a curvatura e rotação da Terra. É usado um sistema de coordenadas simplificado (x, y) , em que x representa o eixo horizontal e y o eixo vertical. Ilustrações sobre a trajetória parabólica do projétil com decomposição de sua velocidade vetorial em cada instante podem ser encontradas em (Halliday; Resnick; Walker, 2012; Sears et al., 2016).

O movimento horizontal é uniforme (velocidade constante), enquanto o movimento vertical é uniformemente variado devido à aceleração da gravidade (Sears et al., 2016). Portanto, a aceleração do movimento, decomposta nos eixos x e y , é dada na Equação (1).

$$a_x = 0 \text{ e } a_y = -g. \quad (1)$$

Observe que a_y é negativo devido à direção escolhida para o sistema de coordenadas. Usando as equações da cinemática (movimento uniforme e movimento uniformemente acelerado), podemos determinar a posição e a velocidade do projétil em um determinado momento. As Equações (2) - (5) fornecem as funções horárias para a posição e velocidade em ambos os eixos.

$$x(t) = x_0 + v_{0x} t \rightarrow x(t) = x_0 + (v_0 \cos \alpha_0) t \quad (2)$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow y(t) = y_0 + (v_0 \sin \alpha_0) t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$v_x = v_{0x} \rightarrow v_x = v_0 \cos \alpha_0 \quad (4)$$

$$v_y = v_{0y} - g t \rightarrow v_y = (v_0 \sin \alpha_0) - g t \quad (5)$$

A partir das equações de posição e velocidade do projétil, outras grandezas interessantes sobre o movimento podem ser calculadas, como a distância entre o projétil e a origem, a velocidade escalar e a direção da velocidade do projétil em qualquer instante.

Além das equações derivadas a partir da 2ª Lei de Newton, o movimento do projétil também pode ser analisado por meio da conservação da energia mecânica. As forças conservativas são aquelas cujo trabalho não depende do caminho percorrido (Sears et al., 2016). Supondo um estado inicial (1) e um estado final (2), o trabalho de cada força (W_i) deve ser somado, relacionando as energias cinéticas inicial e final (T) pela Equação (6),

$$T_1 + \sum_i W_i = T_2; \quad (6)$$

o que resulta, para sistemas conservativos, na conservação da energia mecânica, Eq. (7)

$$E_{m_1} = E_{m_2}; \quad (7)$$

em que E_m , a energia mecânica, representa a soma das energias cinética e potencial.

Escolhendo-se referenciais adequados, sabe-se as energias cinética e potencial são dadas pelas expressões da Eq. (8),

$$V_g = mgy \text{ (en. pot. gravitacional); } V_e = \frac{1}{2} k s^2 \text{ (en. pot. elástica); } E_c = \frac{mv^2}{2} \text{ (en. cinética), (8)}$$

o que nos permite determinar, a partir da conservação da energia, a velocidade do projétil em um ponto específico, sua altura máxima e a constante da mola do mecanismo de lançamento.

2. METODOLOGIA

Este estudo emprega uma metodologia de pesquisa que envolve uma revisão da literatura sobre técnicas de aprendizagem ativa e o planejamento e desenvolvimento de um experimento para o estudo do movimento de projéteis.

O modelo experimental incorpora questões conceituais sobre o movimento oblíquo de projéteis e a aplicação prática do conceito. A tecnologia usada para coleta e análise de dados incluiu computadores padrão e smartphones. O software empregado incluiu o Microsoft Excel para organização de dados, o OriginLab para análise estatística e o Tracker para a videoanálise. Esses programas são de fácil acesso e comumente usados por estudantes de engenharia. Todos os documentos e materiais do projeto estão disponíveis em uma pasta compartilhada do Google Drive¹.

2.1 Construção do aparato

A construção do lançador utilizou materiais prontamente disponíveis e de baixo custo e seu funcionamento se dá por meio da compressão de uma mola. Dois projetos de lançadores foram avaliados antes de se chegar a um modelo final.

O projeto inicial consistia em uma estrutura de madeira apoiada em uma base de madeira de pinho, com uma haste de metal, mola e mecanismo de lançamento de projéteis. A estrutura foi fixada na base com um pivô que permitia o ajuste do ângulo de lançamento. Esse modelo inicial apresentava falhas em seus mecanismos de travamento e ajuste de ângulo, afetando a aquisição de dados e introduzindo erros na análise do movimento do projétil. Um modelo revisado foi criado usando uma estrutura de suporte e um sistema de ajuste de ângulo diferentes. O segundo modelo consistiu em uma estrutura de madeira em forma de caixa (madeira compensada) montada em uma base de suporte, com uma haste de metal, mola e mecanismo de lançamento, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Modelo final adotado para o lançador de projéteis.



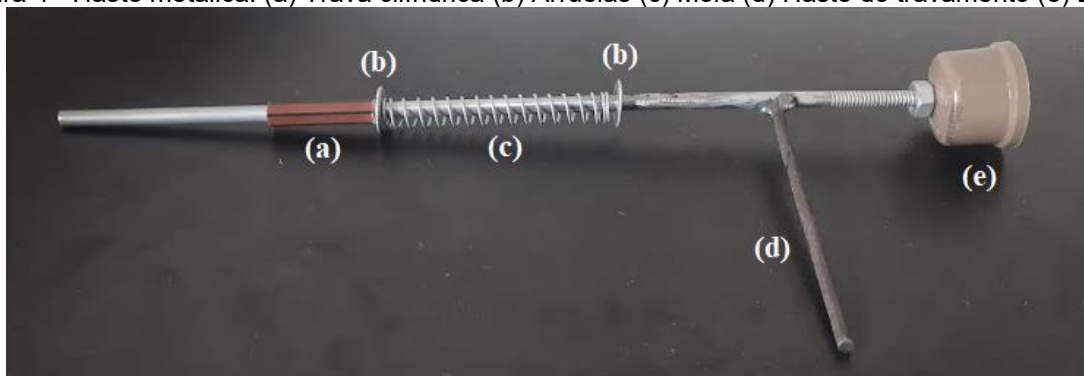
Fonte: arquivos dos autores.

¹ Endereço internet para a pasta compartilhada: drive.com/shared_folder

A principal melhoria envolveu o suporte e os mecanismos de ajuste de ângulo. O suporte usa uma caixa com peso na parte traseira, e o ângulo é ajustado usando um pino e um arco recortado na estrutura de madeira compensada. A estrutura de madeira tem dois orifícios para travar a haste de metal.

A haste de metal inclui uma mola mantida no lugar por arruelas e um mecanismo de travamento cilíndrico. Ela também tem um bocal de lançamento de projétil e uma haste de travamento perpendicular, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Haste metálica. (a) Trava cilíndrica (b) Arruelas (c) Mola (d) Haste de travamento (e) Bocal.



Fonte: arquivos dos autores.

2.2 Operação do lançador

O lançador funciona comprimindo e liberando a mola presa à haste de metal. Primeiro, a haste de metal é movida para comprimir a mola e, em seguida, é travada no lugar dentro da estrutura de madeira compensada. Um projétil é inserido no bocal de lançamento e o ângulo de lançamento é ajustado. O mecanismo de travamento é então liberado, permitindo que a mola retorne o sistema à sua posição inicial e lance o projétil em uma trajetória oblíqua. O funcionamento do sistema pode ser visto em vídeos armazenados na pasta compartilhada mencionada anteriormente.

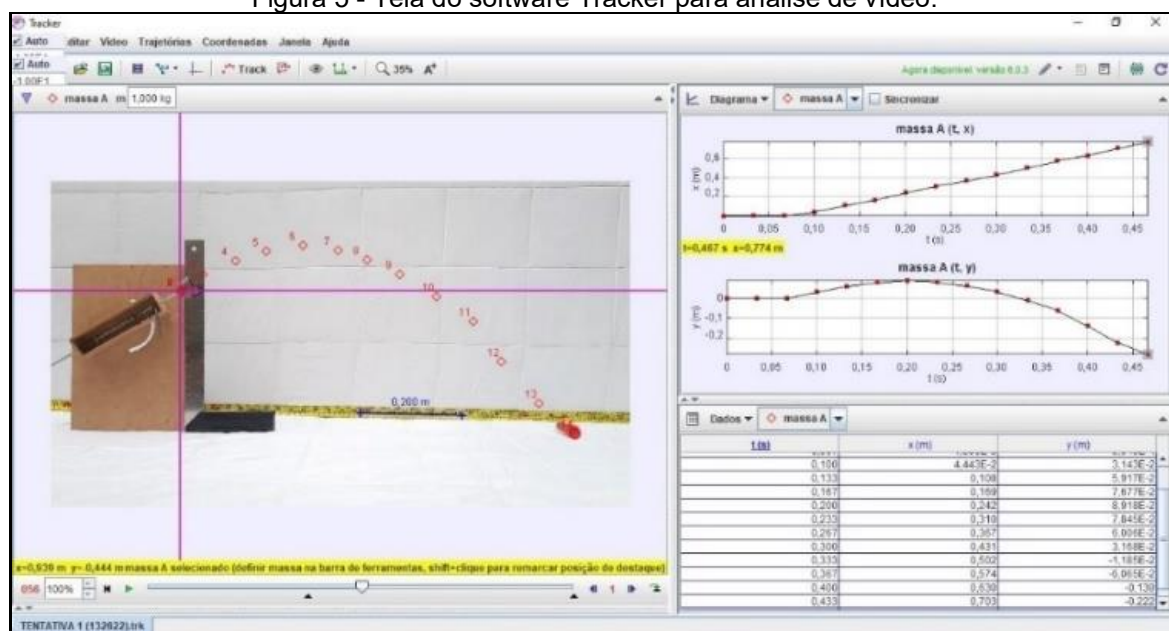
3. OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O movimento oblíquo do projétil foi analisado por meio de gravações de vídeo de um projétil de massa conhecida lançado em ângulos predeterminados. Três programas foram empregados para aquisição e processamento de dados: Microsoft Excel para gerenciamento de planilhas, OriginLab para análise estatística e gráfica e Tracker para análise e modelagem de vídeo.

Os vídeos foram gravados usando smartphones a 30 quadros por segundo (fps) na velocidade normal de reprodução. O ambiente de gravação foi controlado para minimizar fatores externos, como vento e vibrações. Um plano de fundo branco com referências métricas foi usado para ajudar na análise de movimento.

Os vídeos foram importados para o software Tracker, onde o recurso “trajetória automática” foi usado para mapear o caminho do projétil. Isso forneceu os dados experimentais de posição e tempo para a trajetória. A posição do bocal no momento do lançamento serviu como origem para o sistema de coordenadas cartesianas, como visto na Figura 5. A análise do vídeo concentrou-se no intervalo de tempo entre a liberação da mola (posição inicial) e o impacto do projétil no solo (posição final). A Figura 5 exibe a interface do software Tracker mostrando a trajetória do projétil.

Figura 5 - Tela do software Tracker para análise de vídeo.

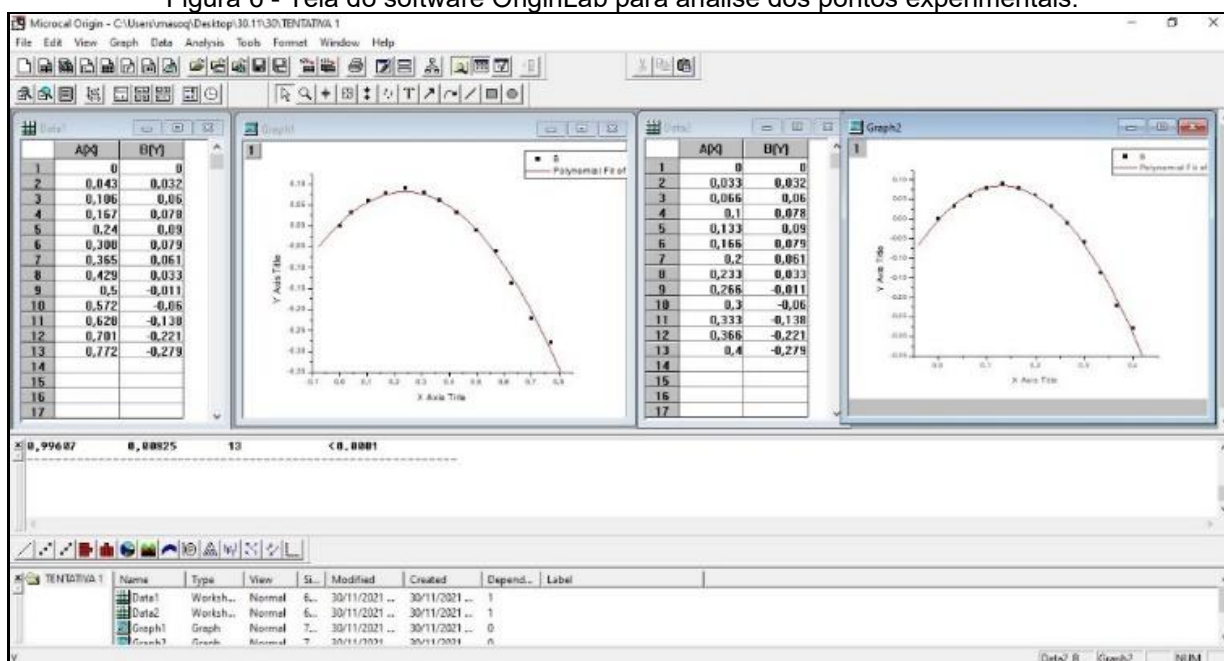


Fonte: arquivos do autor

Os dados experimentais foram então usados para traçar curvas parabólicas que representam a trajetória do projétil no software OriginLab. Essas curvas mostram y como uma função de x (equação da trajetória) e y como uma função de t (posição do projétil no eixo y em relação ao tempo). O OriginLab também gerou funções de ajuste aos dados correspondentes para cada curva, mostradas na Figura 6.

Usando as equações do movimento do projétil ao longo dos eixos x e y , Eqs. (2) e (3), juntamente com as equações derivadas dos ajustes de curva do OriginLab, foram calculados os valores experimentais da velocidade inicial, da aceleração gravitacional e do ângulo de lançamento. O princípio da conservação de energia foi então aplicado para determinar a perda de energia durante o lançamento.

Figura 6 - Tela do software OriginLab para análise dos pontos experimentais.



Fonte: arquivos dos autores

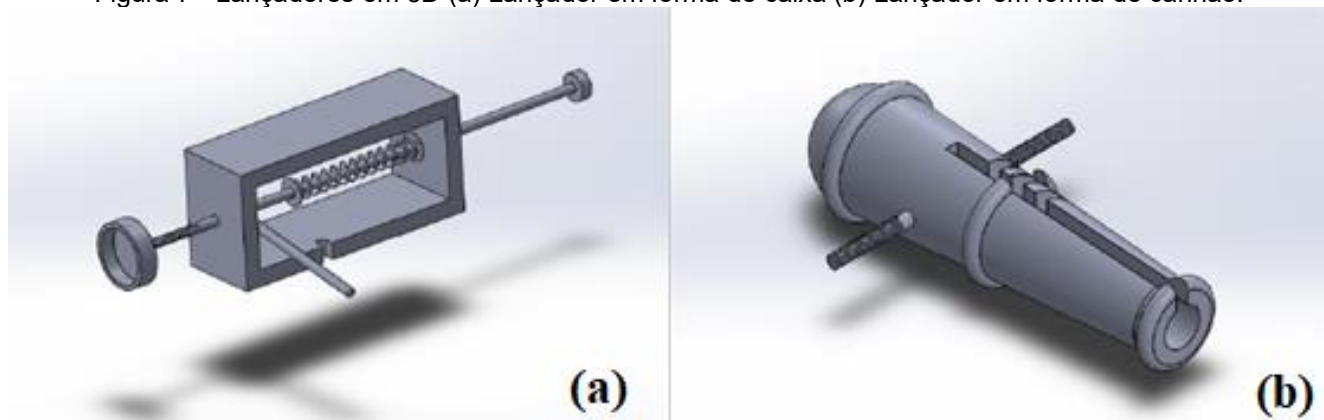
4. REPLICABILIDADE E IMPRESSÃO 3D

Considerando a natureza centrada no aluno das metodologias ativas de aprendizagem e a importância das atividades baseadas em projetos para promover o envolvimento dos alunos, é altamente desejável expandir as oportunidades de experiências práticas e ampliar o escopo da produção de conhecimento. Portanto, além dos lançadores de madeira, foram criados dois protótipos imprimíveis em 3D usando os softwares AutoCAD e SolidWorks para modelagem 2D e 3D.

Esses novos modelos têm como objetivo aumentar a replicabilidade, incentivar a participação dos alunos na construção e promover a interdisciplinaridade (integrando programação e construção). Isso permite que os alunos desenvolvam suas habilidades de programação enquanto constroem e usam o lançador, se assim desejarem.

O primeiro protótipo é em forma de caixa, como os lançadores de madeira; o segundo é em forma de canhão. Ambos usam mecanismos de travamento e operam por compressão de mola, conforme mostrado na Figura 7. Os modelos 3D estão no formato .SLDPRT e requerem conversão para um formato compatível com a impressora 3D escolhida. Esses arquivos estão disponíveis na pasta do Google Drive mencionada anteriormente.

Figura 7 - Lançadores em 3D (a) Lançador em forma de caixa (b) Lançador em forma de canhão.



Fonte: arquivos dos autores.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para aplicar as metodologias de aprendizagem ativa estudadas e avaliar o impacto das atividades remotas na aquisição de conhecimento, foi implementado um procedimento experimental remoto em duas turmas de engenharia: Engenharia Civil e Mecânica. Um questionário foi usado para avaliação, incluindo sete perguntas fechadas sobre movimento oblíquo de projéteis e conservação de energia, e sete perguntas abertas sobre metodologias de ensino baseadas em experimentos. Esses questionários estão armazenados na pasta compartilhada mencionada anteriormente.

O exercício envolveu a análise de um vídeo de um projétil de 0,030 kg lançado em um ângulo de 30° . A constante da mola foi dada (666,3 N/m), a compressão inicial da mola também (0,034 m) junto com a massa do sistema mola-projétil (0,108 kg).

Os temas das questões foram distribuídos da seguinte forma:

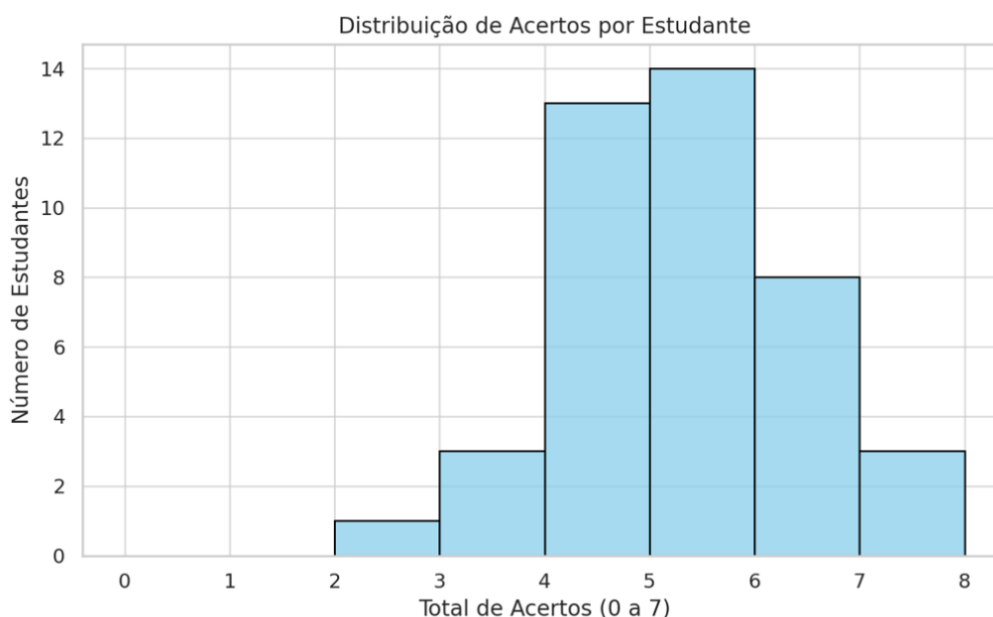
- Q1: conservação da energia mecânica: dada a energia potencial elástica armazenada na mola, determinar a velocidade de lançamento e a energia mecânica inicial.
- Q2: aplicação das equações teóricas a valores determinados experimentalmente, justificando os resultados obtidos.

- Q3: cálculos de parâmetros adicionais (por exemplo, ângulo de lançamento), verificando a compatibilidade dos resultados experimentais e teóricos.
- Q4: comparação dos valores teóricos (Q1) e experimentais (Q3) para a velocidade de lançamento do projétil.
- Q5: verificação da consistência dos valores calculados com o tempo de voo dado (0,4 segundos) e o alcance (0,772 metros).
- Q6: conservação da energia – determinação do valor experimental da energia cinética final do projétil no momento do impacto.
- Q7: cálculo da energia potencial final e da energia mecânica no impacto. Comparar os valores teóricos e experimentais e calcular a perda % de energia.

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir da análise das respostas de 42 estudantes que responderam ao questionário aplicado após a atividade experimental virtual.

Inicialmente foi feito um tabelamento com o número de acertos por estudante nas sete questões de cálculo. Observou-se que a maioria dos participantes obteve desempenho satisfatório, com média geral de 68,7% de acertos, indicando compreensão dos conceitos físicos abordados. Com o auxílio dessa tabela geramos a Figura 8, onde é mostrado um histograma do total de acertos por estudante.

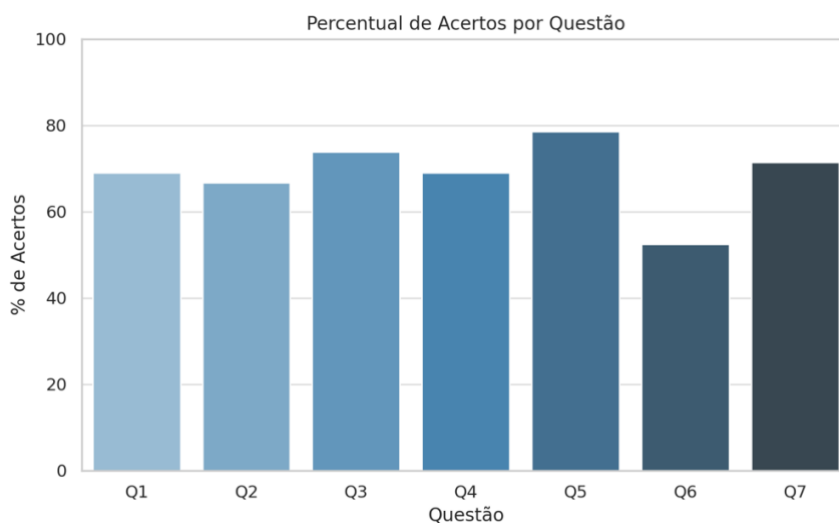
Figura 8 – Histograma do total de acertos por estudante.



Fonte: arquivos dos autores.

Posteriormente foi montada uma segunda tabela com o desempenho dos alunos por questão. Essa tabela está representada na Figura 9.

Figura 9 – Desempenho dos alunos por questão.



Fonte: arquivos dos autores.

Pode-se verificar na figura 9 que as questões Q1, Q3 e Q5 apresentaram maiores índices de acertos. Em contrapartida, a Q6 apresentou o menor índice de acertos, sugerindo maior dificuldade na análise da velocidade final de impacto, que depende de uma soma vetorial.

Esses resultados quantitativos corroboram a hipótese de que a simulação virtual contribuiu para a aprendizagem, especialmente na resolução de problemas que envolvem análise de dados experimentais.

Além das questões numéricas, os alunos também foram questionados sobre o modelo proposto e a integração de um experimento remoto no trabalho de laboratório. As sete questões abertas são mostradas a seguir.

- Q1: você considera que a parada das atividades laboratoriais (experimentos práticos), pela pandemia, foi prejudicial na sua aprendizagem? Discuta.
- Q2: você acredita que o modelo aqui sugerido, se aplicado em aulas, contribuiria para o seu entendimento da matéria? Argumente.
- Q3: quais principais pontos positivos e negativos dessa abordagem prática aqui sugerida, na sua opinião? Discuta.
- Q4: você acredita que este modelo te ajudou a reforçar os conhecimentos de lançamento oblíquo?
- Q5: você consegue visualizar os conceitos de lançamento oblíquo no seu cotidiano? Dê um exemplo.
- Q6: a construção de um dispositivo, similar ao apresentado, te ajudaria a aperfeiçoar os conceitos de lançamento oblíquo? Qual sua opinião sobre os estudantes construirem seus próprios kits experimentais?
- Q7: forneça sugestões para o aprimoramento do kit experimental mostrado, ou seja, como seria possível diminuir os pontos fracos do experimento.

As respostas abertas foram categorizadas em cinco temas principais: (i) percepção de aprendizagem, (ii) dificuldades tecnológicas, (iii) aplicabilidade no cotidiano, (iv) sugestões de melhoria e (v) opinião sobre kits experimentais. A Tabela 1 apresenta a frequência com que cada tema foi citado.

Tabela 1 – Frequência de categorias nas respostas abertas

Categoria	Nº de menções	Exemplos de citações
Facilitação da aprendizagem	30	“Com o vídeo, entendi melhor como funciona a parábola”
Dificuldades com software	12	“Tive problemas com o Tracker”
Relação com o cotidiano	17	“Parecia o chute de uma bola no futebol”
Sugestões de melhoria	10	“O vídeo poderia ser mais explicativo”
Apoio aos kits experimentais	25	“Quero construir um desses no futuro”

Fonte: arquivos dos autores.

Ao analisar de modo qualitativo as respostas abertas, verificou-se que estas forneceram um panorama expressivo sobre a percepção dos estudantes quanto ao experimento virtual. A análise de conteúdo das cinco categorias principais é mostrada a seguir.

1. Facilitação da Aprendizagem: a categoria mais recorrente, presente em 71% das respostas, demonstra que os estudantes perceberam a atividade como útil para entender os conceitos físicos envolvidos no lançamento oblíquo:

“O experimento me ajudou a entender melhor o movimento parabólico.”
“Conseguir visualizar a trajetória e isso facilitou a aprendizagem.”

Essa constatação reforça a ideia de que atividades práticas, ainda que virtuais, promovem aprendizagem significativa.

2. Apoio aos Kits Experimentais: a segunda categoria mais citada refere-se ao interesse dos alunos na construção de seus próprios kits:

“Gostaria de montar meu próprio kit para aprender mais.”
“A construção do kit ajuda a entender como funcionam os lançadores.”

Esse retorno demonstra engajamento ativo e potencial para uso da abordagem de aprendizagem baseada em projetos no ensino de Física.

3. Relação com o Cotidiano: vários estudantes relataram identificar analogias com situações do dia a dia:

“A trajetória do projétil me lembrou um chute de bola.”
“Pude ver como isso se aplica em esportes como basquete.”

Essa identificação reforça a contextualização dos conceitos, essencial para a aprendizagem duradoura.

4. Dificuldades com o Uso de Softwares: Apesar do sucesso pedagógico, 29% dos alunos relataram barreiras técnicas com o uso do Tracker e OriginLab:

“Tive dificuldade para usar o Tracker, principalmente para ajustar a escala.”
“O Origin travava no meu computador e dificultou a análise.”

Essa dificuldade aponta para a necessidade de suporte técnico mais estruturado ou formação prévia no uso dessas ferramentas.

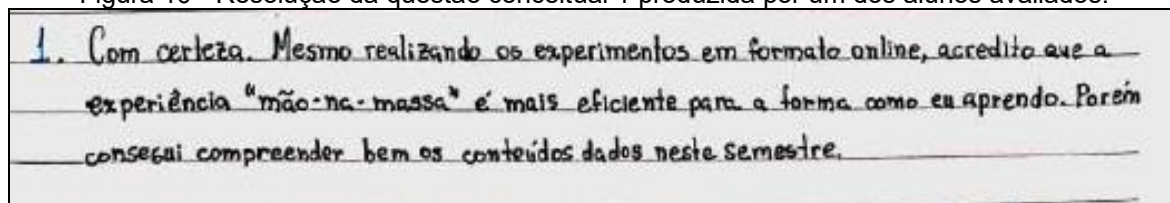
5. Sugestões de Melhoria: os alunos também ofereceram sugestões construtivas:

“O vídeo poderia ter mais explicações sobre os cálculos.”
“Seria interessante mostrar diferentes ângulos de lançamento.”

Essas sugestões podem orientar melhorias no material audiovisual e nas instruções da atividade.

Com relação à questão 1, os alunos relataram que a suspensão das atividades de laboratório durante a pandemia afetou negativamente seu aprendizado, mesmo com experimentos remotos e revelaram preocupação com a possível perda de formação mínima necessária para a continuidade dos estudos. Entretanto, eles reconheceram que o trabalho de laboratório presencial aumenta significativamente a compreensão. Um exemplo de resposta é mostrado na Figura 10.

Figura 10 - Resolução da questão conceitual 1 produzida por um dos alunos avaliados.



Fonte: arquivos dos autores.

6. CONCLUSÃO

A análise conjunta das respostas quantitativas e qualitativas evidencia que o experimento virtual de lançamento oblíquo contribuiu significativamente para o aprendizado dos estudantes. Os dados indicam um bom desempenho nas questões fechadas, com alta taxa de acertos em conceitos fundamentais da cinemática. Ressalta-se que a atividade remota ajudou no quesito motivação, gerando no aluno o desejo de entender o experimento e responder corretamente as questões.

A análise qualitativa confirmou que a maioria dos estudantes percebeu ganhos reais na compreensão do conteúdo, sobretudo por meio da visualização da trajetória e da análise dos dados experimentais via softwares. Houve destaque também para o interesse em montar kits experimentais, o que reforça o potencial de estratégias pedagógicas baseadas em metodologias ativas. Os alunos indicaram que apreciaram o elemento prático, preferindo atividades presenciais.

Apesar dos resultados positivos, as dificuldades relatadas com o uso dos programas Tracker e OriginLab indicam a necessidade de capacitação prévia ou suporte técnico durante a atividade. Além disso, foram apontadas sugestões que poderão ser incorporadas em versões futuras da experiência. É importante observar as limitações impostas pela pandemia, que exigiu uma implementação experimental remota, removendo a interação do estudante com o aparato experimental. Fatores como o tamanho da turma, o treinamento do professor

em aprendizagem ativa e a disponibilidade de recursos devem ser considerados ao adotar essa abordagem.

Portanto, conclui-se que a atividade atendeu aos objetivos pedagógicos propostos, demonstrando que é possível promover aprendizagem significativa mesmo em ambientes de ensino remoto, desde que haja planejamento cuidadoso e uso adequado de recursos digitais. Em última análise, este estudo confirma o papel vital das atividades práticas de laboratório no ensino de engenharia. Os métodos ativos melhoram a compreensão, especialmente em Física, permitindo que os alunos visualizem e reforcem os conceitos teóricos. As restrições da pandemia destacaram o valor dessas experiências para o aprendizado dos alunos.

7. REFERÊNCIAS

ARAUJO, Ramón V. **Implementação de metodologias ativas: Aprendizagem Baseada em Projetos em aulas de física sobre acústica no ensino médio à luz dos campos conceituais**. 2019. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí - RS, 2019. <http://hdl.handle.net/10183/197452>. Acesso em 29 abr. 2025.

BACICH, L.; HOLANDA, L. (org.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. 226 p.

BARBOSA, Eduardo F.; MOURA, Dácio G. de. *Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica*. **Boletim Técnico do Senac**. Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48-67, 2013. <https://doi.org/10.26849/bts.v39i2.349>. Acesso em 29 abr. 2025.

BENDER, Willian N. **Project-Based Learning: Differentiating Instruction for the 21st Century**. Corwin; 1st edition (2012), 216 pages. ISBN-10: 1412997909 ISBN-13: 978-1412997904

BOROCHOVICIUS, Eli; TORTELLA, Jussara C. B. *Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas*. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**. Rio de Janeiro, v. 22, n. 83, p. 263–293, 2014.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Aprendizagem baseada em projetos: guia para professores de ensino fundamental e médio**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

GRAÇA, Aline R. T.; MASSONI, Adriano M.; DIAS, Tatiane M. da S.; MELLO, Geison J. *STEAM: A engenharia integrada ao ensino de ciências*. In: **CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU)**, 7 (Edição Online), 2020, Maceió - AL. Anais eletrônicos [...]. Maceió: Realize, 2020. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/69563>. Acesso em 29 abr. 2025.

HALLIDAY, David.; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. v. 1, 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HENRIQUES, Vera B.; PRADO, Carmen P. C.; VIEIRA, André P. *Editorial convidado: Aprendizagem ativa*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**: Carta do Editor. São Paulo, v. 36, n. 4, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400001>. Acesso em 29 abr. 2025.

KIM, Hyoungbum; CHAE, Dong-Hyun. *The Development and Application of a STEAM Program Based on Traditional Korean Culture*. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**. Coréia do Sul, v. 12, n. 7, p. 1925–1936, 2016. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a>. Acesso em 29 abr. 2025.

LARMER, John; MERGENDOLLER, John. *Why We Changed Our Model of the “8 Essential Elements of PBL”*. In: **Buck Institute for Education**, California, 2015. https://my.pblworks.org/resource/blog/why_we_changed_our_model_of_the_8_essential_elements_of_pbl. Acesso em 29 abr. 2025.

MILLER, Riel; SHAPIRO, Hanne; HILDING-HAMANN, Knud Erik. *School's Over: Learning Spaces in Europe in 2020: An Imagining Exercise on the Future of Learning*. **European Commission**.

Luxembourg (Luxembourg), 2008. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC47412>. Acesso em 29 abr. 2025.

MORAES, José U. P. *A visão dos alunos sobre o ensino de física: um estudo de caso*. **Scientia Plena. Sergipe**, v. 5, n. 11, p. 1–7, 2009. <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/736/392>. Acesso em 29 abr. 2025.

MOREIRA, Marco A. *Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea*. **Revista do Professor de Física**. Brasília, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017.

MOREIRA, Marco A. *Uma análise crítica do ensino da Física*. **Ensino de Ciências: Estudos Avançados**. Porto Alegre, v. 32, n. 94, p. 73–79, 2018. <https://www.scielo.br/jea/a/3JTLwqQNsfWPqr6hjzyLQzs/?lang=pt>. Acesso em 29 abr. 2025.

OLIVEIRA, Sebastião Luis de. **Lançamentos de projéteis e aprendizagem baseada em projetos como elementos estimuladores da alfabetização científica em alunos do ensino médio**. 2019. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda - RJ, 2019. <https://app.uff.br/riuff/handle/1/10420>. Acesso em 29 abr. 2025.

PARANHOS, Márcia C. R.; PARANHOS, Mayra L. R.; FILHO, Luiz C. S.; SANTOS, José R. dos. *Metodologias ativas no ensino de física: Uma análise comparativa*. **Revista UNILUS Ensino e Pesquisa**. Santos - SP, v. 14, n. 36, p. 124–131, 2017.

PASQUALETTO, T. I.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. *Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura*. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte - MG, v. 17, n. 2, p. 551, 2017.

SEARS, Francis W.; ZEMANSKY, Mark W.; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I: Mecânica**. v. 1, 14. ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2016.

STUDART, Nelson. *Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas*. **Revista do Professor de Física**. Brasília, v. 3, n. 3, p. 1–24, 2019.

YAKMAN, Georgette; LEE, Hyonyong. *Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea*. **Journal of The Korean Association For Science Education**. Daejeon, Coréia do Sul, v. 32, n. 6, p. 1072–1086, 2012.

YAKMAN, Georgette. *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*, **Research Gate**, 2008.

REMOTE PROJECTILE LAUNCH EXPERIMENT: QUALITATIVE AND QUANTITATIVE STUDENTS REPORT

Abstract:

This study examines the impact of a remote laboratory experiment on physics learning, using a case study approach. In this sense, active learning methodologies were used, which have been proposed as an alternative to conventional teaching models. These active methods enable students to develop new skills and competencies beyond the academic knowledge transmitted in lectures. To improve student learning outcomes, this research developed an experimental model for application in Engineering Physics Laboratory classes. This involved creating a laboratory experiment for the oblique movement of projectiles, building the necessary apparatus, recording the experiment on film, presenting the video to an audience of remote students and evaluating the model by means of questionnaires focusing on conceptual understanding and related issues.

Keywords: Active Methodology, Remote Physics Labs, Projectile Motion.

