

**LEI DE HOOKE: LABORATÓRIO ROTACIONAL NA FORMAÇÃO INICIAL
DOCENTE****Otávio Floriano Paulino**  0000-0001-5237-3392

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Dra. Elrismar Auxiliadora Gomes Oliveira  0000-0002-5922-0273

Universidade Federal do Amazonas

RESUMO: O laboratório rotacional é um modelo de ensino híbrido em que a rotação acontece entre um ambiente presencial e outro online, configurando-se como uma metodologia ativa de aprendizagem. Prevendo a multiplicação de saberes, foi proposta uma intervenção na formação inicial docente através do ensino híbrido, de forma que o conteúdo abordado foi a lei de Hooke. De forma prática, no laboratório de ensino de Física, foi discutido o conteúdo e suas aplicações a massas e molas, e de forma *online*, foram experimentadas diversas simulações da plataforma PhET no laboratório de informática. Os resultados mostram que os futuros docentes compreenderam a deformação de uma mola como inversamente proporcional à rigidez desta mola, bem como a associação de molas e resolução de problemas que estejam relacionados a lei de Hooke. A atividade em modelo híbrido de ensino permitiu entender as simulações como motivadoras de aprendizagem e que o laboratório rotacional aproxima teoria e prática de forma interativa.

PALAVRAS-CHAVE: Plataforma PhET; Massas e Molas; Rigidez.

HOOKE'S LAW: ROTATIONAL LABORATORY IN INITIAL TEACHER TRAINING

ABSTRACT: The rotational laboratory is a hybrid teaching model in which rotation takes place between a face-to-face environment and an online one, configuring itself as an active learning methodology. Anticipating the multiplication of knowledge, an intervention was proposed in the initial teacher training through hybrid teaching, so that the content addressed was Hooke's law. In a practical way, in the laboratory of physics teaching, the content and its applications to masses and springs were discussed, and online, several simulations of the PhET platform were tried in the computer lab. The results show that future teachers understood deformation of a spring as inversely proportional to stiffness of this spring, as well as the association of springs and solving problems that are related to Hooke's law. The activity in a hybrid model of teaching allowed us to understand the simulations as motivating learning and that the rotational laboratory brings theory and practice together in an interactive way.

KEYWORDS: PhET Platform; Masses and Springs; Rigidity.



1 INTRODUÇÃO

A formação de professores, seja inicial ou continuada, compreende uma etapa que envolve a discussão de recursos e estratégias como preparação dos profissionais que atuarão em práticas pedagógicas. Lavor e Oliveira (2022a) afirmaram que nesta fase ocorre o diálogo sobre as formas de ensinar e aprender e que as licenciaturas têm o papel de formar profissionais aptos à execução de tarefas no ensino básico.

Derossi e Ferreira (2020) afirmaram que formação e educação carregam um compromisso social, bem como relataram que é interessante refletir os modelos e perspectivas adotadas pelos programas formativos. Então, a preparação docente deve ser pensada para atender uma demanda que espera caminhos que levem a construção do conhecimento de forma interativa e motivadora.

Os processos de ensino-aprendizagem passam por alguns desafios que podem ser superados através da formação docente que agregue discussões sobre metodologias e ensino e recursos adequados ao público que participa desses processos. Quanto a disciplina de Física, Moreira (2021) discutiu os desafios do ensino, em que chama a atenção para preparação dos docentes no que tange as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

Esses recursos tecnológicos têm sido amplamente utilizados no ensino de Física e exemplo disso, tem-se a Plataforma PhET que dentre outros, foi utilizada por Lavor e Oliveira (2022b) na discussão do conceito de energia em uma turma do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Estes autores concluíram que as simulações foram responsáveis por aproximar teoria à prática enriquecendo saberes aos discentes que estão em formação em física e matemática.

Holanda e Costa (2021) utilizaram o simulador Massas e Molas desta mesma plataforma para o ensino de lei de Hooke, em que verificaram maior interação e trabalho cooperativo. Os autores relataram que o diálogo sobre práticas e interação



em ambientes virtuais estão presentes em todas as áreas da educação e que as simulações computacionais podem tornar o ensino mais dinâmico.

Diante do exposto, objetiva-se investigar o ensino da lei de Hooke na formação inicial de professores através do laboratório rotacional, em que os participantes são discentes da turma de prática de ensino do curso de licenciatura em Física e Matemática.

2 ENSINO HÍBRIDO

Segundo Moran (2017), as metodologias ativas são centradas na participação efetiva dos discentes, de forma que em um mundo conectado e digital, pode ocorrer através de modelos híbridos. Para este autor, a educação precisa ser muito mais flexível, híbrida, digital, ativa e diversificada, relatando ainda que a combinar esta aprendizagem com tecnologias móveis, pode-se ter formas interessantes de ensinar e aprender.

Segundo Brito (2020, p. 2), “o ensino híbrido surgiu nos Estados Unidos e na Europa como forma de resolver o problema da evasão escolar de alunos de cursos à distância, gerada pela sensação de abandono que eles sentiam”. Este autor afirmou que os modelos de ensino surgem num momento de inclusão e apropriação do mundo digital e que eles se interpenetram, produzindo nova identidade epistemológica à prática docente.

O ensino híbrido compreende atividades realizadas de forma presencial e *online*, podendo acontecer de diferentes formas como apresentado na Figura 1.



Figura 1: Modelos de ensino híbrido



Fonte: Christensen, Horn e Staker (2013, p. 28).

Segundo Christensen, Horn e Staker (2013), o modelo de rotação é aquele no qual, os alunos revezam entre modalidades de ensino, em um roteiro fixo ou a critério do professor. Está subdividido em modelos: rotação por estações em que os alunos revezam dentro do ambiente de uma sala de aula; laboratório rotacional como aquele no qual a rotação ocorre entre a sala de aula e um laboratório de informática; sala de aula invertida na qual a rotação ocorre entre a prática na escola e a residência do discente e rotação individual, em que cada aluno tem um roteiro individualizado.

O modelo flex é aquele no qual o estudante segue um roteiro fluido e adaptado de forma individual nas diferentes modalidades de ensino, no modelo a la carte, os alunos participam de um ou mais cursos inteiramente online, o modelo virtual



enriquecido é uma experiência de escola integral na qual, os alunos dividem seu tempo entre uma unidade escolar física e o aprendizado remoto.

Nesta pesquisa, foi utilizada o modelo laboratório rotacional e como exemplo de sua aplicação, tem-se Souza, Soares e Oliveira (2021) que usaram esta rotação nas aulas de matemática financeira. Os autores identificaram que as ferramentas utilizadas possibilitam postagem de mídias bem consolidadas pelas metodologias ativas, destacando a capacidade de aproximar o professor do aluno.

Pinto e Brod (2020) aplicaram o laboratório rotacional no apoio pedagógico a alunos do Ensino Fundamental e justificam a escolha do modelo pelas condições estruturais da escola, visando flexibilização do trabalho para adaptar-se à realidade discente. Os autores apontaram que o apoio pedagógico na escola que se desenvolveu a pesquisa, acontece no contraturno ofertado a estudantes que apresentam dificuldades de aprendizagem e o laboratório rotacional trouxe um movimento diferenciado a estrutura da aula.

Nesse sentido, considerando as possibilidades de ensino com uso do ensino híbrido, o modelo de laboratório rotacional é proposto na formação inicial docente, de forma que a seção seguinte mostra o percurso metodológico.

3 METODOLOGIA

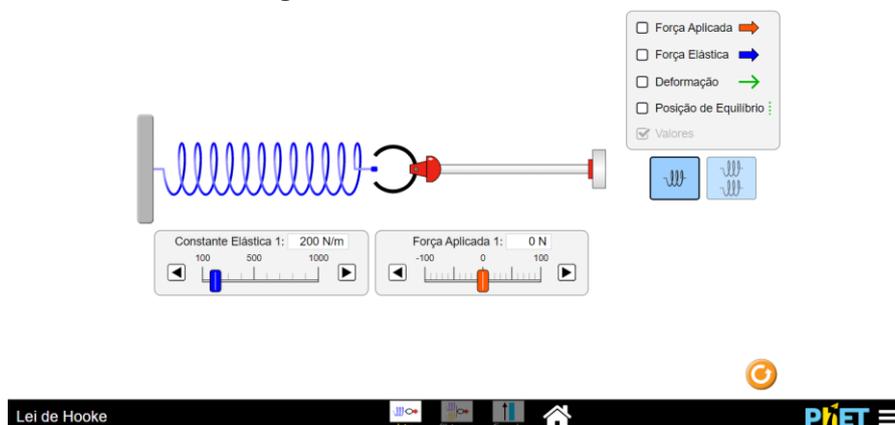
A intervenção aconteceu no mês de junho de 2022 na turma de prática de ensino do curso de licenciatura em Física e Matemática de uma universidade situada no sul do estado do Amazonas. Treze discentes participaram das atividades a respeito da lei de Hooke em uma perspectiva do laboratório rotacional com tarefas realizadas no laboratório de física e de informática da instituição.

No primeiro laboratório, foi retomada a discussão da segunda lei de Newton e abordado a força elástica e a forma como obter a rigidez da mola a partir de uma massa suspensa. Nesta tarefa, após encontrar a constante elástica, os discentes, divididos em quatro grupos, determinaram a massa de objeto, antes desconhecida.



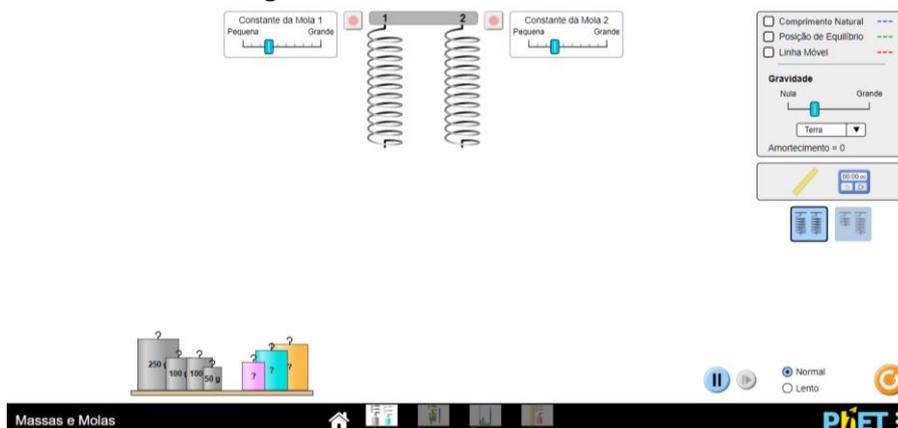
No laboratório de informática, a partir de simulações, foram abordadas as molas e suas associações em série e paralelo chegando à equação que determina a constante elástica equivalente. Além disso, foram vistas massas suspensas por mola para determinar a massa de um objeto a partir de atividades virtuais semelhantes a aquela vista de forma prática. As Figuras 2 e 3 mostram os dois simuladores da plataforma PhET que foram utilizados.

Figura 2: Simulador Lei de Hooke



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Figura 3: Simulador Massas e molas



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

PhET é uma plataforma que dispõe de diversas simulações que podem ser utilizadas em práticas de ensino e aprendizagem. No simulador Lei de Hooke, existe

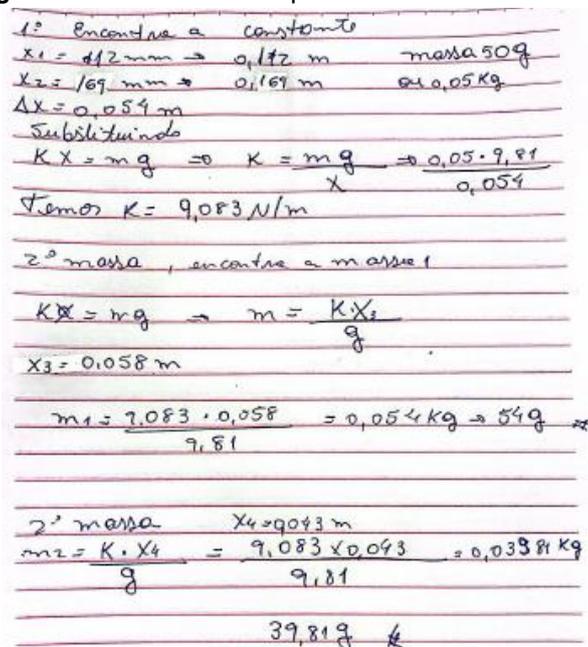


uma mola presa por uma de suas extremidades e o usuário pode alterar a força aplicada e a constante elástica, observando a deformação podendo verificar que este valor é inversamente proporcional à rigidez. No simulador Massas e Molas, há duas molas suspensas em que se pode inserir a massa e determinar a constante elástica, bem como encontrar o valor da massa dos objetos disponíveis.

4 RESULTADOS

As atividades a respeito da lei de Hooke tiveram dois momentos seguindo a perspectiva do laboratório rotacional, de forma que no laboratório didático de Física, foi solicitado aos discentes, que a partir de uma massa conhecida, fosse determinada a constante elástica da mola e na sequência, o valor da massa de dois outros objetos. Esta atividade teve duas horas de duração. As Figuras 4 a 7 demonstram as atividades dos quatro grupos.

Figura 4: Atividade do Grupo 1 no laboratório de física



1ª Encontra a constante
 $x_1 = 412 \text{ mm} \rightarrow 0,412 \text{ m}$ massa 50g
 $x_2 = 169 \text{ mm} \rightarrow 0,169 \text{ m}$ ou 0,05kg
 $\Delta x = 0,259 \text{ m}$
 Substituindo
 $Kx = mg \Rightarrow K = \frac{mg}{x} \Rightarrow \frac{0,05 \cdot 9,81}{0,059}$
 Temos $K = 9,083 \text{ N/m}$

2ª massa, encontra a massa
 $Kx = mg \Rightarrow m = \frac{Kx}{g}$
 $x_3 = 0,058 \text{ m}$
 $m_1 = \frac{9,083 \cdot 0,058}{9,81} = 0,054 \text{ kg} \rightarrow 54 \text{ g}$

3ª massa $x_4 = 0,043 \text{ m}$
 $m_2 = \frac{K \cdot x_4}{g} = \frac{9,083 \cdot 0,043}{9,81} = 0,0398 \text{ kg}$
 $39,81 \text{ g}$

Fonte: Dados da pesquisa (2023)



Figura 5: Atividade do Grupo 2 no laboratório de física

1) Encontrar (+K):

$$x_1 = 112 \text{ mm}$$

$$x_2 = 116 \text{ mm}$$

$$\Delta x = 54 \text{ mm}$$

$$+Kx = m \cdot g$$

$$+Kx = m \cdot g$$

$$+K = \frac{mg}{x} \Rightarrow \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}}$$

$$\frac{Kx}{g} = m \quad | \quad m = \frac{Kx}{g}$$

$$K = \frac{0,05 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,054 \text{ m}} = 9,074 = 9,1 \text{ kg/s}^2$$

$$m_1 = \frac{(9,1 \text{ kg/s}^2) \cdot 0,053 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 0,049 \text{ kg} = 49 \text{ g}$$

$$K = \frac{mg}{x} \Rightarrow K \quad | \quad \begin{matrix} 95 \text{ mm} \\ 147 \text{ mm} \end{matrix}$$

$$m_2 = \frac{Kx}{g} = \frac{9,1 \cdot 0,037}{9,8} = 0,034 \text{ kg} = 34 \text{ g}$$

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Figura 6: Atividade do Grupo 3 no laboratório de física

(J) massa m=100
massa de 50g = 0,05 kg

$$x_1 = 8,5 \text{ cm} = 0,085 \text{ m}$$

$$x_2 = 11,5 \text{ cm} = 0,115 \text{ m}$$

$$\Delta x = 0,023 \text{ m}$$

$$K = \frac{m \cdot g}{\Delta x}$$

$$K = \frac{0,05 \cdot 9,8}{0,023}$$

$$K = \frac{0,49}{0,023}$$

$$K = 21,30 \text{ kg/s}^2$$

usando a massa de 50g

Apois encontrar a constante usando a massa de 50g, agora vamos encontrar a massa do cilindro

$$m = \frac{K \cdot \Delta x}{g}$$

$$m = \frac{21,30 \cdot 0,019}{9,8}$$

$$m = 0,04129 \text{ kg}$$

$$m = 41,29 \text{ g}$$

Fonte: Dados da pesquisa (2023)



Figura 7: Atividade do Grupo 4 no laboratório de física

<p>(1)</p> $x_0 = 115 \text{ mm}$ $m = 50 \text{ g}$ $x = 183 \text{ mm}$ $\Delta x = 68 \text{ mm}$ $mg = k \Delta x$ $k = mg / \Delta x$ $k = \frac{0,05 \cdot 9,8}{0,068}$ $k = 7,205 \text{ N/m}$	<p>(2)</p> $x = 180 \text{ mm} = 0,18 \text{ m}$ $x_0 = 115 \text{ mm} = 0,115 \text{ m}$ $\Delta x = 0,065 \text{ m}$ $mg = k \Delta x$ $m = \frac{k \Delta x}{g}$ $m = \frac{7,205 \cdot 0,065}{9,8}$ $m = 0,0477 \text{ kg}$ <p>(3)</p> $x = 164 \text{ mm}$ $x_0 = 115 \text{ mm}$ $\Delta x = 49 \text{ mm} = 0,049 \text{ m}$ $mg = k \Delta x$ $m = \frac{k \Delta x}{g}$ $m = \frac{7,205 \cdot 0,049}{9,81} = 0,03602 \text{ kg}$
---	--

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Para o primeiro objeto, os grupos 1, 2 e 4, encontraram respectivamente, 54, 49 e 47,7 gramas. Enquanto que o grupo 3 não determinou a massa desse objeto e o valor verificado na balança foi de 49,9 gramas. Para o segundo objeto, os valores encontrados foram 39,81; 34; 41,29 e 36,02 gramas pelos grupos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As diferenças encontradas nos valores apresentados aos grupos podem estar associadas às imprecisões nas medidas de deformação ou aos arredondamentos.

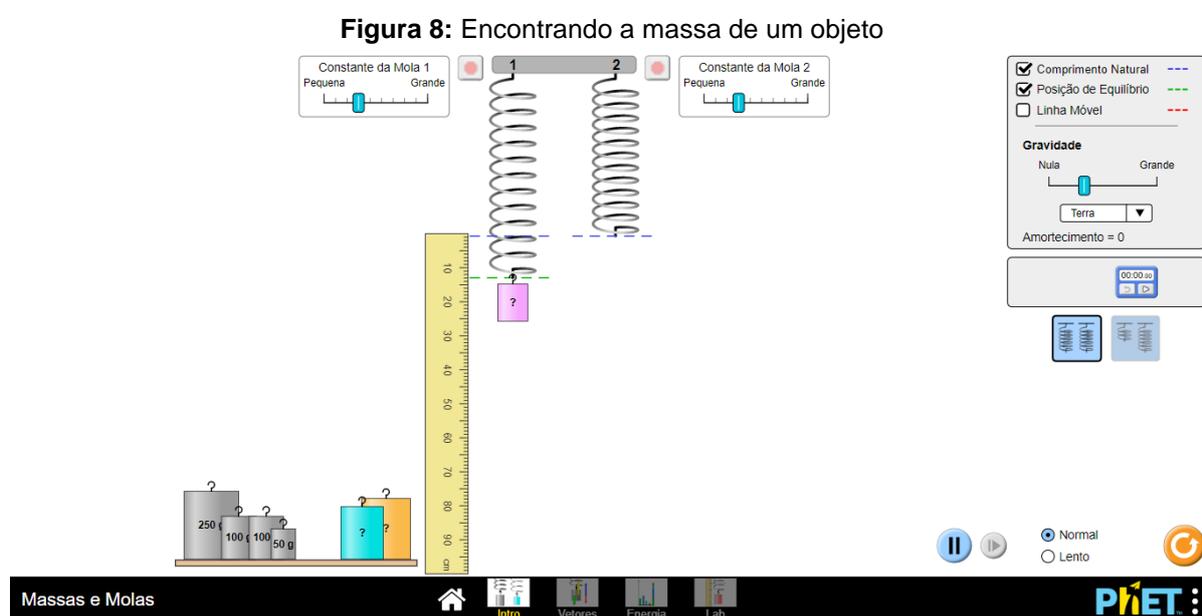
No segundo momento com duração de duas horas, no laboratório de informática, foi trabalhado dois simuladores da plataforma PhET, em que o primeiro foi mostrado como a deformação da mola é inversamente proporcional à sua rigidez. Além, foram utilizadas simulações de associação de molas em série e em paralelo, em que se obteve a rigidez equivalente para o sistema.

Os discentes atribuíram diversos valores para constante elástica e força, podendo observar o comportamento do sistema e verificar que aquele em paralelo possui maior rigidez, comparando este fato a situações reais como a molas de um



carro. Quanto ao simulador Massas e Molas, a atividade foi semelhante a aquela realizada no laboratório de física, sendo que neste momento, tratava-se de simulações.

Foi solicitado que os discentes encontrassem o valor da massa dos objetos a partir daqueles que já tem os valores conhecidos, de forma que a Figura 8 mostra um momento em que está sendo realizado o cálculo.



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Na Figura 8, está sendo calculado a massa de um objeto através da mola suspensa, em que a deformação é medida pela régua disponível no simulador. Ressalta-se que também estão disponíveis outros recursos como a energia do sistema, bem como os vetores.

Os alunos se dividiram em cinco grupos para encontrar a massa dos três objetos disponíveis no simulador de forma que os cálculos foram semelhantes aos realizados no laboratório de física. O Quadro 1 resume os valores encontrados em gramas.



Quadro 1: Resumo das atividades realizadas no laboratório de informática

Cor do objeto	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Rosa	75 g	72 g	75 g	81,05 g	79,2 g
Azul	150 g	138,8 g	150 g	150 g	152 g
Laranja	203,13 g	188,88 g	206 g	205 g	201 g

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O objeto rosa tem 75g, sendo obtido de forma precisa pelos grupos 1 e 3, enquanto o objeto azul tem 150g e foi encontrado precisamente pelos grupos 1, 3 e 4. Quanto ao objeto laranja, ele tem 200g de forma que todos os grupos obtiveram valores aproximados. Estes fatos corroboram com a pesquisa de Holanda e Costa (2021) quanto a relevância das simulações para a aprendizagem.

Os dados narrados mostram que os futuros docentes compreenderam a lei de Hooke e possuem a habilidade e competência para determinar rigidez de molas e massas de objeto a partir de outros parâmetros, sejam em situação prática ou de simulação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta investigação, foi proposto o laboratório rotacional na formação inicial docente de Física e Matemática, em que foi discutida a lei de Hooke e suas aplicações, como determinar a rigidez de uma mola ou a massa de um objeto. Foram considerados dois laboratórios, em que o primeiro é de natureza prática, onde os alunos possuem contato direto com os objetos e o segundo, trata-se do laboratório de informática em que foram realizadas as simulações.

De forma prática, os participantes calcularam a rigidez de uma mola e a partir desta, encontraram o valor da massa de um objeto, de forma que os dados apresentados pelos grupos diferem em pequenas porcentagens dos valores verificados na balança. No laboratório de informática, os discentes acompanharam o comportamento da deformação da mola como inversamente proporcional à sua rigidez, bem como a associação de molas em série e paralelo.



As simulações também apresentaram situações semelhantes a aquelas vivenciadas de forma prática, em que os discentes tiveram a oportunidade de viver a mesma experiência de forma prática e simulada.

As discussões a respeito da lei Hooke realizada em dois ambientes provocaram interações entre os discentes que compararam as duas experiências e despertaram reflexões e novas perspectivas para reproduzir os saberes nas suas futuras práticas.

Os resultados mostram que as simulações são potencializadoras da aprendizagem e quando associadas ao modelo de laboratório rotacional proporcionam maior interação entre teoria e prática. A partir destas análises, desperta-se a reflexão para a discussão de metodologias ativas na formação docente para os profissionais possam discutir os conteúdos sob diferentes estratégias em suas práticas.

REFERÊNCIAS

BRITO, J. M. da S. A Singularidade Pedagógica do Ensino Híbrido. **EaD em Foco**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/948/537>. Acesso em: 29 jun. 2022.

CHRISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; STAKER, H. Ensino híbrido: uma inovação Disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos. **Clayton Christensen Institute for Disruptive Innovation**. Tradução Fundação Lemann e Instituto Península, 2013. Disponível em: https://www.pucpr.br/wp-content/uploads/2017/10/ensino-hibrido_uma-inovacao-disruptiva.pdf. Acesso em: 30 jun. 0222.

DEROSSI, C. C.; FERREIRA, K. L. M. Apontamentos teóricos sobre a formação continuada e os modelos formativos de professores e professoras. **Educação & Linguagem**, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 13-23, 2020. Disponível em: https://www.fvj.br/revista/wp-content/uploads/2021/02/2_REdLi_2020.2.pdf. Acesso em: 29 jun. 2022.

HOLANDA, I. N.; COSTA, F. E. M. A utilização remota do phet como instrumento facilitador do ensino-aprendizagem da lei de Hooke. **Educação & Linguagem**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 39-50, 2021. Disponível em: https://www.fvj.br/revista/wp-content/uploads/2022/05/4_REdLi_2021.3.pdf. Acesso em: 29 jun. 2022.



LAVOR, O. P.; OLIVEIRA, E. A. G. Grandezas proporcionais: sequência didática na formação inicial de professores. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. e22014, 2022a. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13476>. Acesso em: 27 jun. 2022.

LAVOR, O. P.; OLIVEIRA, E. A. G. Sequência didática interativa na discussão do conceito de energia. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. e22011, 2022b. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13122>. Acesso em: 28 jun. 2022.

MORAN, J. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. In: YAEGASHI, S. *et al.* (ORG.). **Novas Tecnologias Digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento**. Curitiba: CRV, 2017. p.23-35.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.l.], v. 43, p. e20200451, 2021. Supl. 1. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 jun. 2022.

PINTO, E. O. de T. P.; BROD, F. A. T. Apoio pedagógico nos anos iniciais a partir do modelo laboratório rotacional de ensino híbrido. **Revista Eletrônica de Educação**, [S.l.], v. 14, p. 1-20, 2020. Disponível em: <http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/2849/1023>. Acesso em: 30 jun. 2022.

SOUZA, L. R. de; SOARES, E. B. da S.; OLIVEIRA, G. F. B. de. Ensinando matemática financeira com tecnologias: uma experiência utilizando laboratório rotacional em tempos de ensino remoto. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, [S.l.], v. 10, n. 22, p. 551–570, 2021. DOI: 10.33871/22385800.2021.10.22.551-570. Disponível em: <http://200.201.12.34/index.php/rpem/article/view/6293>. Acesso em: 30 jun. 2022.

Recebido em: 18-07-2023
Aceito em: 23-02-2024

