



USO DO MODELO MATEMÁTICO DA LEI DE HOOKE: o princípio da proporcionalidade

LIMÃO, Henrique ¹
BARROS, Leonardo ²
SODRÉ, Gleison ³
VALDIVIA, Tânia ⁴

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo apresentar e analisar uma proposta de sequência didática interdisciplinar desenvolvida no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID/UFPA), que articula conteúdos de Matemática e Física a partir da experimentação com o sistema massa-mola e da Lei de Hooke. A proposta fundamenta-se na abordagem temática e na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, priorizando a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento. O referencial teórico-metodológico apoia-se na noção de modelagem matemática e nos pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos, buscando promover uma aprendizagem significativa e interdisciplinar. A sequência foi planejada para alunos do Ensino Fundamental, enfatizando a construção dos conceitos de função do 1º grau, função do 2º grau, proporcionalidade entre grandezas, erro experimental e análise de dados. Como principais resultados, observou-se o desenvolvimento da autonomia dos estudantes, a compreensão da aplicabilidade da Matemática na interpretação de fenômenos físicos reais e o fortalecimento da relação entre teoria e prática. A experiência evidencia o potencial da experimentação aliada à modelagem matemática como estratégia pedagógica para tornar o ensino mais investigativo, crítico e significativo.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem matemática; funções polinomiais; interdisciplinaridade; experimentação científica; lei de Hooke.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de matemática na educação básica, historicamente marcado por práticas excessivamente abstratas e descontextualizadas, tem se mostrado um desafio para professores e estudantes, especialmente no que se refere à compreensão do sentido e da aplicabilidade dos conceitos matemáticos. Nesse

¹ Graduando em Licenciatura em Matemática, Bolsista PIBID UFPA, *Campus* Belém, henrilimao@gmail.com

² Graduando em Licenciatura em Matemática, Bolsista PIBID UFPA, *Campus* Belém, leonardobcdesouza@gmail.com

³ Professor Doutor, Supervisor PIBID, Escola de Aplicação da UFPA, UFPA, *Campus* Belém, gleisonsodre@ufpa.br

⁴ Professora Doutora, Coordenadora de área PIBID, Faculdade de Matemática, UFPA, *Campus* Belém, taniambv@ufpa.br



cenário, a articulação entre Matemática e outras áreas do conhecimento, como a Física, apresenta-se como uma alternativa potente para a construção de aprendizagens mais significativas, ancoradas em situações reais e próximas do cotidiano dos alunos.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza a importância do desenvolvimento de competências que envolvem a análise de dados, a modelagem de situações reais, a interpretação de gráficos e tabelas e a compreensão das relações entre grandezas (BRASIL, 2017). No campo da Matemática, especialmente no eixo da Álgebra, destaca-se o estudo das funções polinomiais do 1º e 2º grau como ferramentas fundamentais para a descrição e interpretação de fenômenos naturais e sociais. Quando articuladas à Física, essas funções possibilitam a compreensão de leis que regem o comportamento da matéria, como a Lei de Hooke, que descreve a relação entre força e deformação em sistemas elásticos.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de sequência didática interdisciplinar, desenvolvida no âmbito do PIBID/UFPA, que utiliza o experimento do sistema massa-mola como eixo articulador para o ensino de funções do 1º e do 2º grau, análise de erro experimental e modelagem matemática, tendo em vista que atividades experimentais dessa natureza contribuem para a compreensão de conceitos físicos e matemáticos no ambiente escolar (ESTEVES et al., 2022). Busca-se evidenciar como a abordagem temática e a metodologia dos Três momentos Pedagógicos podem contribuir para a construção de um ensino investigativo, crítico e contextualizado (FREIRE, 2019), promovendo a integração entre teoria e prática.

2 METODOLOGIA

A fundamentação metodológica deste trabalho se assenta a partir dos três momentos pedagógicos apresentados por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) e na noção de modelagem matemática escolar encaminhada por Guerra e Silva (2009).

Os três momentos pedagógicos foram organizados a partir das seguintes etapas: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a articulação do conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011), cujo desenvolvimento desses três momentos pode ser utilizado nos processos de ensino aprendizagem, incluindo o ensino da matemática escolar.



A etapa de problematização inicial tem como finalidade permitir o envolvimento estudante durante o processo de estudo, colocando-o em situações para mobilização de conhecimentos prévios e construção de novos saberes. A etapa de organização do conhecimento corresponde ao momento de sistematização de saberes, incluindo o uso de modelos matemáticos ao alcance do ensino básico. Em última análise, a etapa de articulação do conhecimento busca retomar a problematização inicial, permitindo ao aluno utilizar os saberes construídos para uso em novas situações em contextos.

Nesse sentido, assumimos a modelagem matemática escolar apresentada por Guerra e Silva (2009), como uma possibilidade para tratar do estudo de situações do mundo real em diferentes contextos, matemáticos e não matemáticos, incluindo, e de nosso interesse, o uso do modelo matemático da lei de Hooke dado por:

$$F = k. \Delta x$$

Onde:

- F é a força aplicada à mola;
- Δx é o indicador de deformação da mola;
- k a constante de elasticidade.

Sendo a utilização do modelo se valendo do princípio da proporcionalidade teórica, em que se assume uma possível existência da constante (k), como constante de proporcionalidade de elasticidade da mola, pois é preciso considerar que essa noção de proporcionalidade na variação entre grandezas nem sempre pode ser assegurada diante de experimentações empíricas, isto é, realizadas efetivamente na prática, como desejado frente a manipulação do modelo matemático da lei de Hooke.

A proposta metodológica apresentada no presente artigo, foi desenvolvida no contexto do PIBID/UFGA, na Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará (EAUFGA), com a turma 9005 do Ensino Fundamental, na disciplina de Matemática, objetivada em duas aulas de 50 minutos. A sequência didática foi planejada de forma interdisciplinar, envolvendo conteúdos de Matemática e Física, e estruturada a partir da abordagem dos Três Momentos Pedagógicos.

Na etapa de Problematização Inicial, a aula tem início com um questionamento disparador: “O que acontece com uma mola quando aplicamos uma força sobre ela?”



Existe alguma relação matemática nesse comportamento?”. A questão é apresentada sem o uso imediato de formalizações conceituais ou matemáticas, com o objetivo de estimular a curiosidade, a participação ativa e a formulação de hipóteses por parte dos alunos.

As respostas são discutidas coletivamente, possibilitando ao professor identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, bem como possíveis concepções alternativas relacionadas ao fenômeno analisado. Ao decorrer do debate, houve uma outra indagação, que consistia em “Qual a diferença entre massa e peso? Essas grandezas são iguais?”. Essa etapa orienta o desenvolvimento das atividades subsequentes, favorecendo a introdução progressiva dos conceitos físicos e matemáticos envolvidos.

Na etapa de Organização do Conhecimento, todos os questionamentos feitos na fase anterior foram devidamente respondidos. Em seguida, os alunos são organizados em grupos e realizam um experimento com o sistema massa-mola, previamente demonstrado para que pudessem compreender o que estava sendo pedido. Foram distribuídos quatro experimentos, onde cada grupo aplicou quatro massas conhecidas à mola, mediram as deformações com o auxílio de uma régua fixada na haste do experimento e registraram os dados obtidos em tabelas previamente elaboradas.

A partir desses dados, os estudantes realizaram transformações de unidades, calcularam a constante elástica “ k ”, utilizando a fórmula da Lei de Hooke, para cada situação e analisam as variações encontradas. Nesse momento, são discutidos conceitos como proporcionalidade entre grandezas, função do 1º grau, erro experimental e constante elástica.

Posteriormente, cada constante “ k ” encontrada nas quatro massas resultam em diferentes valores e os alunos carecem de obter a constante média a fim de reduzir essa disparidade. Portanto, introduz-se a análise do erro total por meio da Função Erro, que consiste em uma função polinomial do 2º grau, explorando o método dos mínimos quadrados e o significado do vértice da parábola como ponto de minimização do erro. A formalização ocorre com o apoio de expressões algébricas e representações gráficas.

$$E(k) = \sum_{n=1} (F_p - F_t)^2$$



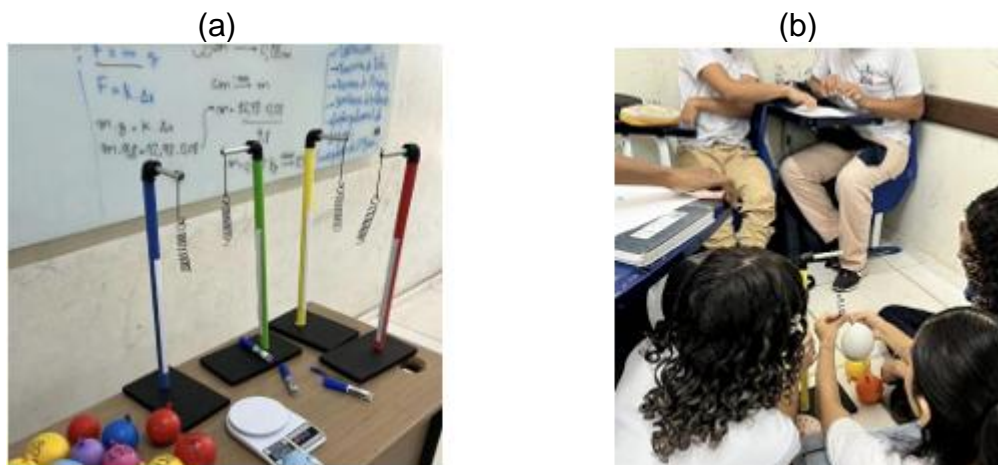
Na etapa de Articulação do Conhecimento, os alunos são desafiados a empregar o modelo construído para resolver uma situação-problema, que consiste em determinar a massa de um corpo desconhecido a partir da deformação observada da mola, por meio do uso do valor médio da constante elástica previamente obtida. Após os grupos encontrarem os valores das massas usando manipulação de fórmulas mostradas em sala e com a ajuda dos pibidianos, os estudantes obtiveram acesso a uma balança digital para validação dos resultados encontrados.

Essa atividade possibilita a verificação da validade do modelo matemático elaborado, além de reforçar a aplicabilidade da Matemática na interpretação e compreensão de fenômenos físicos reais, consolidando a articulação entre teoria e prática.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da aplicação da sequência didática evidenciou aspectos relevantes no processo de aprendizagem dos estudantes, especialmente no que se refere à compreensão de conceitos matemáticos em contextos interdisciplinares. A utilização do experimento (figura 01) aliada à modelagem matemática favoreceu a participação ativa dos alunos, contribuindo para o interesse pelas aulas de Matemática.

Figura 01. Etapas da atividade experimental com o sistema massa-mola:
(a) Materiais confeccionados para a realização do experimento;
(b) Momento em que os alunos realizam o experimento na etapa da Organização do Conhecimento.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2025.

Observou-se que a etapa da problematização inicial desempenhou papel fundamental no engajamento dos alunos, uma vez que o questionamento proposto



favoreceu a mobilização de conhecimentos prévios e a formulação de hipóteses. Esse momento contribuiu para a construção de um ambiente investigativo, no qual os estudantes se posicionaram de forma mais ativa diante do processo de aprendizagem.

Durante a realização do experimento com o sistema massa-mola, verificou-se que a manipulação de materiais concretos possibilitou aos alunos estabelecer relações entre grandezas físicas e representações matemáticas. A coleta e organização dos dados (como mostra a figura 02), favoreceram a compreensão da proporcionalidade entre força e deformação, permitindo a introdução do modelo matemático da Lei de Hooke de maneira significativa.

Figura 02. Coleta de dados realizada pelos alunos na etapa da Organização do Conhecimento.

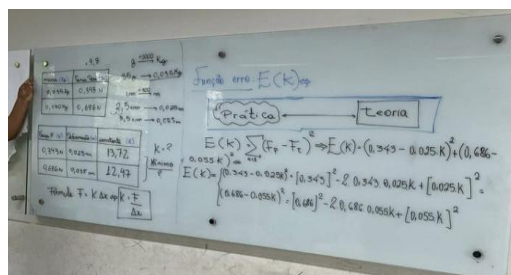
MASSA (kg)	DEFORMAÇÃO (m)	CONSTANTE ELÁSTICA
1	0,125	7,13727507792
2	0,26	7,13727507792
3	0,44	7,13727507792

1 - 0,81495 + 0,28394... + 80,00 g
2 - 1,2408 : 9,8 + 0,110000... + 120,408 mg
3 - 1,9782 + 0,302857... + 103,857 g

Fonte: Acervo da pesquisa, 2025.

Além disso, a análise das diferentes constantes elásticas obtidas pelos grupos evidenciou a presença de variações nos dados experimentais, o que possibilitou a introdução da noção de erro experimental (conforme mostra figura 03).

Figura 03. Introdução aos alunos à noção de função erro.

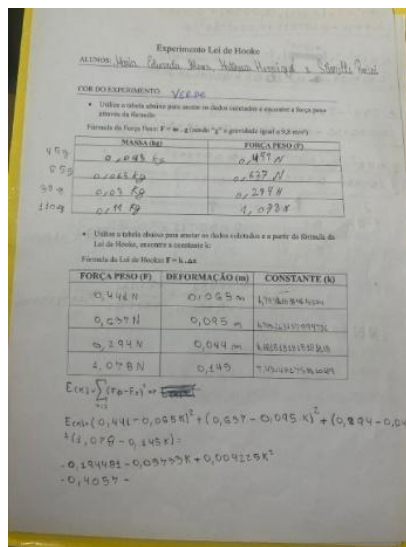


Fonte: Acervo da pesquisa, 2025.



Nesse contexto, a utilização da função erro, associada a uma função polinomial do 2º grau, contribuiu para ampliar a compreensão dos estudantes acerca da variabilidade dos dados e da necessidade de ajustes em modelos matemáticos (figura 04).

Figura 04. Dados preenchidos pelos alunos baseando-se na noção do erro experimental.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2025.

Outro aspecto relevante refere-se à etapa de articulação do conhecimento, na qual os estudantes foram desafiados a resolver uma situação-problema envolvendo a determinação de uma massa desconhecida (figura 05). Observou-se que os alunos conseguiram mobilizar os conhecimentos construídos ao longo da sequência didática, utilizando o modelo matemático para interpretar e validar resultados por meio da experimentação.

Figura 05. Alunos realizando a validação do experimento por meio de uma balança digital.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2025.



De modo geral, a articulação entre experimentação e modelagem matemática mostrou-se eficaz na promoção de uma aprendizagem mais significativa, ao possibilitar que os estudantes compreendessem a Matemática como uma ferramenta para interpretar fenômenos do mundo real. Essa abordagem contribui para superar práticas tradicionais baseadas na memorização, favorecendo o desenvolvimento de habilidades previstas na BNCC, como análise, interpretação e argumentação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo apresentar uma proposta de sequência didática interdisciplinar, articulando conteúdos de Matemática e Física por meio do estudo da Lei de Hooke.

A partir do desenvolvimento da proposta, foi possível evidenciar que a utilização da experimentação, associada à modelagem matemática, constitui uma estratégia relevante para o ensino de conceitos matemáticos em contextos significativos. A abordagem adotada permitiu integrar teoria e prática, favorecendo a compreensão de conteúdos abstratos por meio de situações concretas.

Destaca-se, ainda, que a organização das atividades com base nos Três Momentos Pedagógicos contribuiu para estruturar o processo de ensino de forma progressiva, partindo da problematização até a aplicação dos conhecimentos construídos.

Dessa forma, considera-se que a proposta apresentada contribui para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais contextualizadas e interdisciplinares, podendo ser adaptada e aplicada em diferentes contextos da Educação Básica.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), da Universidade Federal do Pará (UFPA). Agradecemos também à Universidade Federal do Pará, pelo suporte institucional, à Escola de Aplicação da UFPA pela colaboração na realização das atividades e aos estudantes participantes pelo envolvimento no desenvolvimento da proposta.





Agradecemos, ainda, ao professor Dr. Gleison de Jesus Marinho Sodré, e à professora Dra Tania Madeleine Begazo Valdivia, por todo o acompanhamento e contribuições ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/ Secretaria de Educação Básica, 2017.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

ESTEVES, E. M. et al. Lei de Hooke e o sistema massa-mola: uma aplicação prática com alunos do 3º ano do Ensino Médio. **Revista Multidisciplinar do UNIPACTO**, v. 3, n. 4, 2022.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.

GUERRA, R. B.; SILVA, F. H. S. Reflexões sobre modelagem matemática crítica e o fazer matemático da escola. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande - MS, v. 2, n. 3, p. 95-119, 2009.

