

## UTILIZANDO UMA BOMBA HIDROSTÁTICA E UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA ENSINAR O CONCEITO DE PRESSÃO HIDROSTÁTICA

### USING A HYDROSTATIC PUMP AND A TEACHING-LEARNING SEQUENCE TO TEACH THE CONCEPT OF HYDROSTATIC PRESSURE

Cláudio Ferreira Tobias<sup>1</sup>, Leonardo Pantoja Souza<sup>2</sup>, João Paulo Rocha dos Passos<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Pará/Licenciando em Física/ claudio.engquimica@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Pará/Licenciando em Física/ souzalps31@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Pará/Departamento de Ciências Naturais/jprpassos@uepa.br

<sup>4</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco/Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, joao.prpassos@ufrpe.br

#### Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma Pesquisa Baseada em Design (PBD) que proporcionou a construção de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (SEA) sobre pressão hidrostática, realizado por licenciandos em Física a partir da abordagem Construtivista Integrada proposta por Méheut e Psillos (2004). A pesquisa, de caráter qualitativo, consistiu em um processo colaborativo que considerou o design, a aplicação e a validação da SEA proposta durante as aulas de uma disciplina do curso de graduação onde os autores se fizeram presentes. Neste artigo analisamos a aplicação da SEA, realizada em uma turma do 2º ano do ensino médio numa escola do município de Belém-PA. Descrevemos também o funcionamento de uma bomba hidrostática, que serviu de elemento experimental e contribuiu para o viés CTS da proposta. Os resultados evidenciaram a apropriação dos elementos teóricos necessários para o design da SEA, por parte dos licenciandos, bem como despertaram interesse e engajamento nos estudantes participantes.

**Palavras-chave:** design, sequência de ensino-aprendizagem, abordagem construtivista integrada, ensino de física.

#### Abstract

This article presents the results of a Design-Based Research (PBD) that led to the construction of a Teaching-Learning Sequence (SEA) on hydrostatic pressure, carried out by Physics undergraduates based on the Integrated Constructivist approach proposed by Méheut and Psillos (2004). The research, of a qualitative nature, consisted of a collaborative process that considered the design, application and validation of the SEA proposed during classes in an undergraduate course where the authors were present. In this article we analyze the application of SEA, carried out in a 2nd year high school class at a school in the city of Belém-PA. We also describe the operation of a hydrostatic pump, which served as an experimental element and contributed to the CTS bias of the proposal. The results showed the appropriation of

the theoretical elements necessary for the design of the SEA, by the undergraduates, as well as arousing interest and engagement in the participating students.

**Keywords:** design, teaching-learning sequence, integrated constructivist approach, physics teaching.

## Introdução

Nos últimos anos, o ensino de física tem experimentado uma notável evolução, impulsionado pelo constante avanço tecnológico e pela crescente compreensão das melhores práticas pedagógicas.

A modernização do ensino busca superar desafios tradicionais, promovendo uma abordagem mais envolvente e eficaz para os alunos. Nesse contexto, este trabalho propõe um olhar diferenciado sobre o ensino da pressão hidrostática, destacando a necessidade premente de desenvolver e implementar novas metodologias de ensino.

Foi elaborada de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (SEA), baseada na Abordagem Construtivista Integrada de Méheut e Psillos (2004), específica para o ensino do conceito de pressão hidrostática, alinhando-se com as competências prevista na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018).

Esta sequência foi fundamenta na Pesquisa Baseada Design (PBD). Essa linha de pesquisa surgiu na década de 1990 para desenvolver uma nova metodologia intervencionista e busca aliar aspectos teóricos da pesquisa com a prática segundo Brown (1992) e Collins (1992). Para este trabalho, autores Britto e Ferreira (2017), Barros e Ferreira (2017), Kneubil e Pietrocola (2017), Mesquita *et al.* (2021) e outros embasam nossos estudos.

A abordagem de PBD supervisiona o processo integral, desde a concepção da inovação/criação até sua efetiva execução em um contexto real. Adicionalmente, é crucial realizar uma avaliação abrangente de todo o processo, não se limitando apenas ao produto final. Os *insights* obtidos dessa análise devem ser integrados à metodologia existente para aprimoramento contínuo (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017).

Tentativas de inovar no ensino de física são respostas à compreensão de que abordagens tradicionais muitas vezes não engajam os estudantes. Nesse contexto, a

criação de uma SEA para ensinar o conceito de pressão hidrostática destaca-se como uma iniciativa promissora. A necessidade de adaptação às demandas educacionais contemporâneas ao avanço tecnológico impulsionou a concepção dessa SEA, visando estimular a participação ativa.

A proposta da SEA para a pressão hidrostática, direcionada a uma turma de segundo ano do ensino médio, buscou proporcionar uma experiência educacional mais envolvente e contextualizada. Ao incorporar metodologias ativas, a SEA busca romper com a passividade associada ao ensino tradicional, incentivando a participação dos estudantes na construção do conhecimento.

### **Fundamentação teórica**

A PDB envolve a concepção, a implementação e a validação de sequências curtas e temáticas para o ensino de ciências em diversas áreas. Uma SEA é tanto um processo de uma pesquisa intervencionista como um produto, compreendendo atividades de ensino-aprendizagem empiricamente adaptadas ao raciocínio do estudante e muitas vezes incluindo guias para o professor com sugestões de ensino bem documentadas (Méheut e Psillos, 2004). Uma SEA desenvolve-se gradualmente a partir de várias implementações, a partir de um processo evolutivo, cíclico e iluminado por dados de pesquisa, o que resulta em seu enriquecimento a partir dos resultados dos estudantes em função das atividades planejadas.

Aplicando a PBD, cria-se um processo para a obtenção de um produto, no caso a SEA, que será relacionada com elementos práticos e teóricos, tendo também uma implementação direta em um contexto real, visando a aplicabilidade do produto. As sequências de ensino-aprendizagem assumem um papel mais sofisticado, diferenciando-as bastante daquilo que, mais tradicionalmente, se considera como sequências didáticas. As SEA tornam-se instrumentos didáticos com objetivos educacionais bastante claros e teoricamente bem determinados e explicitados (Mesquita *et al.*, 2021, p.5).

Os princípios do design são a parte teórica por trás do produto. No caso da SEA construída para ensinar pressão hidrostática, pesquisamos sobre as habilidades da BNCC relacionadas aos elementos conceituais, históricos, experimentais e a aplicação à realidade associados a pressão hidrostática e o processo avaliativo,

proporcionando uma estrutura educacional sólida e alinhada com as exigências educacionais atuais (BRASIL, 2018).

Adicionalmente, a fundamentação teórica da SEA incorporou conceitos do livro "Tópicos de Física" de Helou, Gualter e Newton (2012), oferecendo uma base sólida sobre pressão hidrostática. Inspirando-se nesta obra, a SEA buscou integrar os princípios teóricos apresentados pelos autores, enriquecendo a abordagem pedagógica com *insights* consagrados no meio acadêmico. Essa referência contribui para a construção de uma base teórica robusta, alinhada com as melhores práticas de ensino e com a expertise dos renomados autores na área de física.

### **Metodologia**

Este estudo foi desenvolvido por dois estudantes da disciplina Teoria e prática do ensino de Física II, componente curricular da licenciatura em Física da Universidade do Estado do Pará (Uepa). Contou ainda com a participação dos outros estudantes da turma e do professor ministrante da disciplina, que colaboraram diretamente com os debates sobre a SEA elaborada. Neste recorte, construímos uma SEA para ensinar o conceito de pressão hidrostática. Tomamos como competências bases da BNCC (BRASIL, 2018) as que se seguem:

EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

EM13CNT302 - Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

EM13CNT310 - Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços,

a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

O processo de design foi desenvolvido durante 30 horas-aula, divididas em quatro etapas. Na primeira etapa (10 horas-aula) foram apresentados os fundamentos da PBD, desde os primeiros autores até trabalhos recentes para exemplificar esta metodologia intervencionista. Na segunda etapa (10 horas-aula) tratamos da SEA, sua fundamentação na Abordagem Construtivista Integrada de Méheut e Psillos (2004) e na apresentação e análise de sequências construídas em outros estudos. Na terceira etapa (6 horas-aula) ocorreu o desenho da SEA propriamente dita, através da colaboração dos mencionados anteriormente. A quarta etapa (4 horas-aula) consistiu na revisão da SEA estruturada a partir dos elementos teóricos inicialmente considerados e a partir de expectativas quanto a sua aplicação numa turma do 2º ano do ensino médio.

O elemento experimental proposto foi semelhante a uma bomba de encher pneu, fácil de manusear e simples de montar, com objetivo de encher recipientes com água potável, levando em consideração a realidade de uma comunidade ribeirinha sem a presença de energia elétrica para atividades do cotidiano, sendo compatível e fácil de adaptar ao contexto de interesse da comunidade.

Durante as semanas que antecederam a implementação da sequência na escola, foram realizadas diversas reuniões com os construtores/implementadores da SEA. Nessas reuniões, discutimos como a atividade seria realizada, procurando estabelecer como a bomba deveria ser apresentada, assim como sua relevância na realidade dos alunos e no estudo da pressão hidrostática. Conversamos sobre os diferentes aspectos da atividade e tentamos entender de que maneira ela poderia ser abordada para um melhor aprendizado, dando ênfase ao processo de desenho da PBD (BARROS e FERREIRA, 2017).

### **Resultados e discussões**

O quadro 01 é um dos resultados deste trabalho. Propusemos uma SEA voltada para o estudo de pressão hidrostática, utilizando elementos conceituais, experimentais e o viés CTS como propuseram Barros e Ferreira (2017), mas com a retirada dos elementos históricos para a entrada do que chamamos de elementos regionais.

**Quadro 01:** sequência de ensino-aprendizagem elaborada e desenvolvida

<b>Crítérios Abordados</b>	<b>Descrição e ordem das atividades</b>	<b>Habilidades segundo a BNCC</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
Elementos Conceituais	2. Estudando o conceito de pressão, a pressão Hidrostática e Lei de Stevin	EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT310	Aula expositiva dialogada com base nos elementos experimentais	Utilizar questões para fixação dos conceitos e suas equações
Elementos Experimentais	1. Experimento vela com copo e água		Introduzir o conteúdo utilizando o experimento da atividade 1	Provocar a externalização de conhecimentos prévios
	3. Bomba Manual de água		Mão na massa com a bomba manual construída	Análise das falas após o segundo experimento utilizado
Elementos Regionais	4. Associação do experimento à comunidade ribeirinha		Diálogo a respeito da influência do experimento à comunidade.	Após as últimas atividades, propor questões contextualizadas
Viés CTS	5. Custo-Benefício		Diálogo sobre o custo-benefício da Bomba	que relacionem os elementos em questão

**Fonte:** autores (2023)

Os resultados obtidos estão associados ao aprendizado pelos autores sobre a utilização desta metodologia intervencionista, que alia a prática e a teoria, permitindo que ambas se desenvolvam. A experiência de desenvolvermos uma SEA sobre a temática em questão nos faz refletir sobre a importância de trabalhar os critérios estabelecidos e valorizarmos o principal objetivo desta abordagem, o conhecimento didático específico relacionado a um conteúdo específico. (LIJNSE, 2010)

Sobre os elementos experimentais utilizados, destacaremos a bomba manual construída para este trabalho. Após a realização das atividades 01 e 02, realizamos testes com a bomba. Os alunos discutiram e perceberam que foi muito fácil tirar a água do balde num teste inicial, com pequena altura. Já num segundo teste, enchemos o mesmo balde com água e adicionamos uma elevação maior. Os estudantes perceberam que a dificuldade de retirar a água tinha uma relação com a altura.

O experimento da bomba hidrostática foi um recurso eficaz para ilustrar o conteúdo proposto. A análise dos registros de áudio dos alunos evidenciou que, inicialmente, poucos manifestaram interesse, porém, ao longo da aula e, principalmente, no desfecho, eles demonstraram um aumento significativo de interesse e participação. Esse aumento de engajamento foi atribuído à conexão direta do conteúdo com a vivência ribeirinha dos estudantes. Destacamos o relato de um estudante morador da

Ilha do Combú, quarta maior ilha das 39 que compõem a região insular da cidade de Belém do Pará. “Eu moro no Combú (ilha próximo de Belém-PA) e lá precisamos de equipamentos como este para retirar água de nossas canoas” (Estudante 01).

A SEA adotada indicou que as etapas propostas, em especial a bomba hidrostática construída, mostraram-se eficientes para demonstrar os conceitos envolvidos de maneira prática, tornando o aprendizado mais palpável e aplicável à vida cotidiana dos estudantes.

Os resultados obtidos sugerem que a SEA desenvolvida, alicerçada na BNCC e na pesquisa baseada em design, revelou-se eficaz na promoção de uma aprendizagem mais significativa e participativa no âmbito do ensino de física. A integração de experimentos práticos, especialmente a bomba hidrostática, emergiu como elemento fundamental para envolver os alunos e solidificar os conceitos teóricos de maneira concreta.

Após a intervenção na sala de aula, foi realizado mais um encontro entre os construtores/implementadores da SEA, visando promover a autoavaliação a respeito da atividade. Ademais, discutiram-se a necessidade da implementação de um modelo de avaliação para a sequência e para os estudantes participantes, visando saber se o público-alvo conseguiu compreender o que lhes foi apresentado.

A falta de uma avaliação sucinta com os alunos da turma, se deu principalmente por dois fatores: 1) a demanda do calendário escolar da escola em que foi aplicada a sequência e 2) uma melhor estruturação da sequência por parte dos seus construtores. Percebemos que para aprimorar a SEA e sua implementação, são necessários maiores estudos sobre a PBD e sobre a construção de SEA baseada na abordagem construtivista integrada de Méheut e Psillos (2004).

### **Considerações finais**

A construção de uma SEA, proposta a partir das aulas de uma disciplina no curso de graduação de dois dos autores, se mostrou um poderoso recurso para realizar aulas e, ao mesmo tempo, produzir pesquisa sobre a temática trabalhada que, neste artigo, foi o conceito de pressão hidrostática. Os licenciandos, apesar das dificuldades enfrentadas para o aprendizado da proposta, foram criativos e propuseram um recurso capaz de estimular o engajamento dos participantes da turma onde foi aplicada a SEA.

Nessa perspectiva, o fato de o produto final contemplar elementos essenciais da Abordagem Construtivista Integrada nos oferece indicativos de que os licenciandos demonstraram compreender satisfatoriamente a proposição de uma metodologia nova e intervencionista alinhada a novas tendências do Ensino de Física.

## Referências

- BARROS, K. C. T. F. R.; FERREIRA, H. S. **Analisando o processo de desenho de uma sequência de ensino-aprendizagem fundamentada a partir da perspectiva construtivista integrada**. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 2017, n.º Extra, pp. 2425-2432. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/339171>. Acesso em: 05 abr. 2024.
- BRASIL**. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- BRITTO, R. M. G. M.; FERREIRA, H. S. **A contribuição da Pesquisa Baseada em Desenho na construção de uma sequência de ensino aprendizagem sobre nutrição**. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 2017, n.º Extra, pp. 2663-2668. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/339257>. Acesso em: 05 abr. 2024.
- BROWN, A. **Design experiments**: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. The Journal of the Learning Science, 2(2), 1992, p 141-178.
- COLLINS, A. **Toward a design science of education**. In Scanlon, E., & O'Shea, T. (Orgs.). New directions in educational technology. Berlin: Springer-Verlag, 1992, p. 15–22.
- HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física**. 19ª edição, Vol.1. São Paulo, Editora Saraiva, 2012.
- KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. **A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências**. Investigações Em Ensino De Ciências, 22(2), 2017, p 01–16. Disponível em <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p01>. Acesso em: 18 out. 2023.
- LIJNSE, P. Methodological aspects of design research in physics education. In: KORTLAND, K., & KLAASSEN, K. (Orgs.). **Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education**, 2010, pp.144-155. Utrecht: CDBeta Press.
- MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. **Teaching-learning sequences**: Aims and tools for science education research. International Journal of Science Education, 26(5), p. 515-535, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- MESQUITA, L., BROCKINGTON, G., TESTONI, L. A., STUDART, N. **Metodologia do design educacional no desenvolvimento de sequências de ensino e aprendizagem no ensino de física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, e20200443, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0443>. Acesso em: 18 mai. 2023.