

A UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO SUBSÍDIO PARA A SUPERAÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DO CONCEITO DE ENERGIA NA FÍSICA

BÁRBARA CRISTINE LEONE¹, ALEX LINO²

¹ Graduanda em Licenciatura em Física, bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Caraguatatuba, barbaracleone25@gmail.com.

² Professor Doutor do IFSP, Campus Caraguatatuba, alexlinoassis@gmail.com.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Física - 1.05.00.00-6

RESUMO: Entre os pesquisadores em Ensino de Ciências é consenso que existem diversos obstáculos à aprendizagem do conceito de energia, muito frequentemente esses obstáculos são denominados de concepções alternativas. Em alguns casos podemos classificar essas concepções como obstáculos epistemológicos, principalmente quando estas têm características em comum com as confusões cometidas pelos próprios teóricos durante a história do desenvolvimento de um determinado conceito. O presente projeto é baseado em uma proposta de continuação ao trabalho desenvolvido no ano de 2018 (PIBIFSP) que teve como objetivo principal a verificação da existência de obstáculos epistemológicos do conceito de energia em diferentes níveis de ensino. Desta vez o projeto se propôs a investigar os mecanismos históricos de superação destes obstáculos, tendo em vista o ensino através da História da Ciência, no intuito de desenvolver uma sequência didática que propicie o rompimento do obstáculo que associa energia como força. Para tanto, foi desenvolvido um questionário qualitativo, cujo objetivo é identificar a confusão entre os conceitos feita pelos estudantes dos 2º e 3º anos do curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do IFSP – campus Caraguatatuba. Após a aplicação e análise do questionário, pretende-se realizar uma sequência didática com enfoque nas principais discussões que contribuíram para o desenvolvimento do conceito energia, através de problematizações e recortes históricos. Por fim, no intuito de investigar se o obstáculo foi superado, reaplicaremos o questionário qualitativo.

PALAVRAS-CHAVE: conceito de energia; mecanismos históricos de superação; concepções alternativas; obstáculos epistemológicos; história da ciência.

1 INTRODUÇÃO

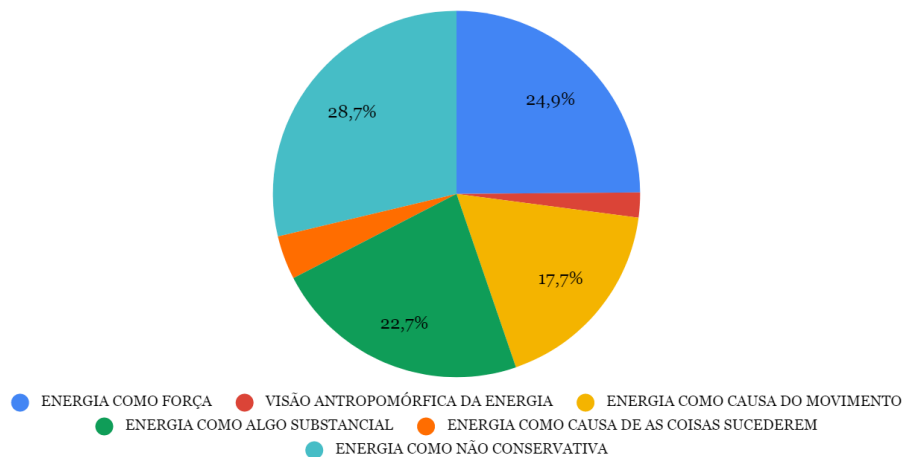
Muitas pesquisas mostram um erro comum à maioria dos estudantes de Física: *a confusão que fazem entre os conceitos de força e energia* (DUI, 1981; WATTS; GILBERT, 1983; BROOK; DRIVER, 1984; TRUMPER, 1993; HIGA, 1988; PÉREZ et al, 1995; DEPARTAMENT OF MATHS AND SCIENCE EDUCATION, 1994; SOLOMON, 1985; BUCUSSI, 2007). De modo geral, essas pesquisas foram realizadas com alunos do Ensino Fundamental, Médio e Superior, e ao analisarmos, podemos notar que os estudantes com experiências de aprendizagem completamente distintas, em diversos países, diferentes culturas e contextos, *têm revelado ideias muito semelhantes* ao interpretarem o conceito de energia como força.

Segundo pesquisa feita por Lino (2016), essa confusão pode ser classificada como um obstáculo epistemológico e, portanto, é inerente ao conceito de energia. Os obstáculos epistemológicos são entaves que, de acordo com Bachelard (1996), estagnam o conhecimento, impedindo-o de progredir. Essa confusão somente pôde ser classificada como um obstáculo epistemológico por estar presente na própria história da formação do conceito; erros que foram cometidos pelos próprios contribuintes conceituais de energia. Nesse paralelismo entre a história do desenvolvimento do conceito e o desenvolvimento cognitivo, existe uma relação entre as duas epistemologias.

Em um trabalho desenvolvido no ano de 2018, pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do IFSP, verificamos a existência de diversas concepções alternativas nos estudantes de nossa instituição em diferentes níveis de ensino. Foi elaborado um questionário com perguntas contextualizadas sobre fenômenos físicos que necessitavam do conceito de energia para seu entendimento e explicação. Esta atividade foi aplicada aos alunos dos cursos de Licenciatura em Física e Engenharia Civil e para o Integrado (Ensino Médio) do IFSP – Campus Caraguatatuba.

O gráfico 1 mostra a análise dos questionários aplicados no Ensino Médio (2018), dos quais foram encontradas seis concepções alternativas dos estudantes em relação ao conceito de energia dentre um total de 46 estudantes participantes.

GRÁFICO 1. Análise das concepções alternativas



FONTE: Larissa 2018

Somente a identificação desses conhecimentos prévios não nos permite inferir sobre a possibilidade de classificá-los como obstáculos epistemológicos. Devemos buscar na história da ciência do desenvolvimento do conceito evidências da existência de dificuldades similares transpassadas pelos contribuintes do próprio conceito. De acordo com Lino (2016), podemos classificar como obstáculos epistemológicos as seguintes concepções alternativas: 1) Energia como força; 2) Energia como causa do movimento; 3) Energia como substância; 4) Energia não conservativa. Podemos evidenciar historicamente estas mesmas concepções ao longo do desenvolvimento do conceito.

Mas qual é a vantagem de classificarmos concepções alternativas como obstáculos epistemológicos? Defendemos aqui a existência de um paralelismo entre as vertentes epistemológicas, cognitivas e históricas (PIAGET; GARCIA, 2011). Então, se certas dificuldades devem ser superadas para o desenvolvimento do conceito com determinados mecanismos no campo da ciência, no campo do ensino-aprendizagem estes mesmos mecanismos podem ser utilizados para a *desobstaculização* com as devidas modificações instrucionais respeitando-se cada nível de complexidade. Entendemos como *desobstaculização* a superação de um obstáculo por meio de uma situação proposta suscetível de evoluir e fazer o estudante evoluir, segundo uma dialética conveniente.

A construção dessas situações pode ser realizada levando-se em consideração os mecanismos encontrados historicamente que serviram como base para o desenvolvimento do conceito, e ainda devem levar em consideração as variáveis didáticas que permitam, eventualmente, organizar um salto informacional.

Dessa forma nos parece legítimo institucionalizar, mesmo que localmente, conhecimentos que deverão explicitamente ser modificados posteriormente por uma evolução natural da construção de conhecimentos visados (ALMOULOU, 2007).

Brousseau (1983) defende a ideia de que todas as concepções representam algum tipo de obstáculo para as aquisições futuras.

Tendo em vista a confusão dos alunos com relação ao conceito de energia, investigamos historicamente os processos do desenvolvimento do conceito, bem como as dificuldades encontradas e os mecanismos de superação delas, no intuito de planejar uma sequência didática, orientando-nos pelo ensino de física através da História e Filosofia da Ciência e da problematização.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Para realização do presente trabalho tivemos como embasamento a *teoria dos obstáculos epistemológicos* de Gaston Bachelard e a contribuição de Guy Brousseau, com a *teoria das situações didáticas*, que nos forneceu a compreensão da relação entre as dificuldades encontradas pelos estudantes e as dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento do conceito de energia; a utilização da História e Filosofia da Ciência, metodologia escolhida para que possamos relacionar os mecanismos históricos de superação dos obstáculos epistemológicos com as situações problema propostas e a *teoria de análise de conteúdo* de Laurence Bardin (1977), que está sendo empregada para a análise dos questionários aplicados.

2.1 A Teoria dos Obstáculos Epistemológicos

A noção de obstáculos epistemológicos foi descrita inicialmente pelo filósofo francês Gaston Bachelard, em 1938, na obra *A formação do espírito científico*. Nela, podemos interpretar as condições de evolução da ciência, gerando bases para realizar a psicanálise do conhecimento objetivo.

Para Bachelard, é durante o ato de conhecer que aparecem os entraves referentes à aprendizagem, que podem ser estagnação e até regressão ao processo de compreensão de conceitos (BACHELARD, 1996). Esta estagnação, ou regressão ao ato de conhecer, é chamada de obstáculo epistemológico. Nas palavras de Bachelard, este ato de conhecer “dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1996, p.17).

A compreensão de obstáculo epistemológico é utilizada por Bachelard para analisar o motivo das dificuldades que temos no aprendizado de conhecimento científico. Pode ser estudada “no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação” (BACHELARD, 1996, p.21). Conhecendo o obstáculo epistemológico, poderemos conhecer o motivo da dificuldade ou o motivo da não-aprendizagem de conceitos científicos.

Devemos sempre levar em consideração que os alunos chegam às aulas de ciências com conhecimentos pré-estabelecidos em suas estruturas de conhecimento, referentes aos seus conhecimentos empíricos. Estes podem, em algumas situações, serem obstáculos ao novo conhecimento que será ensinado pelo professor. Em relação a esta ideia, para Bachelard:

“Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na sala de aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura

experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana". (BACHELARD, 1996, p.23).

Desta forma, devemos trabalhar para que um pensamento pré-estabelecido na estrutura de conceitos dos alunos não os leve ao não aprendizado. Estes conhecimentos prévios podem ser, por exemplo, opiniões, analogias que favorecem o erro, analogias que relacionam conceitos a imagens metafóricas, entre outras, como veremos com as definições dos obstáculos epistemológicos.

Para Pais (2001), no plano pedagógico, é mais pertinente utilizar o termo *Obstáculos Didáticos* que são conhecimentos que se encontram relativamente estabilizados no plano intelectual e que podem dificultar a evolução da aprendizagem do saber escolar" (PAIS, 2001, p. 44).

A ideia de obstáculos epistemológicos foi introduzida na Didática da Matemática em 1983 por Brousseau. Essa noção pode ser utilizada tanto para analisar a origem histórica de um dado conhecimento, quanto na evolução cognitiva espontânea do aluno. Ou seja, podem-se pesquisar os obstáculos epistemológicos a partir de análise histórica ou a partir de dificuldades existentes entre os alunos, procurando confrontá-las (IGLIORI, 2008).

2.2 A teoria da análise de conteúdo

Escolhemos a Teoria de Análise de Conteúdo, para a interpretação e a organização dos dados obtidos pelos questionários. Conforme Laurence Bardin, define-se a análise de conteúdo como um:

“[...] conjunto de técnicas de análise de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens”. (BARDIN, 1977, p.38).

Para Bardin (1977), a análise de conteúdo das mensagens pode ser aplicável a qualquer forma de comunicação e possui, ainda duas funções: a função heurística, que enriquece a tentativa exploratória, aumentando a propensão à descoberta; e a função de administração da prova, em que hipóteses sob a forma de questões ou afirmações provisórias, servirão como diretrizes, recorrendo ao método de análise sistemática para serem verificadas como válidas ou não.

No que se refere à análise quantitativa, a relevância da informação é obtida pela frequência com que surgem certas características do conteúdo. Já na análise qualitativa, a presença ou a ausência de uma certa característica de conteúdo, ou mesmo de um conjunto de características em determinado fragmento de mensagem que é levado em consideração (BARDIN, 1977).

3 MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da compreensão dos obstáculos epistemológicos (diferentes dos obstáculos didáticos), investigamos como se deu historicamente a origem dos obstáculos epistemológicos relacionados ao conceito de energia e quais foram seus mecanismos de superação, contudo optamos por escolher apenas um dos obstáculos epistemológicos estudados, aquele que relaciona os conceitos de força e energia e seu respectivo mecanismo de superação, conforme a tabela 1, devido à recorrência desta confusão nas pesquisas verificadas, conforme Lino (2016).

TABELA 1. Obstáculo epistemológico associado à confusão entre o conceito de força e energia e seu mecanismo de superação

OBSTÁCULO	MECANISMO HISTÓRICO DE SUPERAÇÃO
1. A noção de força como obstáculo ao conceito de energia.	A diferenciação das grandezas ocorre por meio da inserção da grandeza física trabalho, por meio dos teoremas que proporcionam o entendimento do que ocorre com a energia devido a ação de uma força (os conhecidos teoremas da energia cinética, potencial e mecânica).

FONTE: Adaptado de Lino 2016.

Para analisar a existência do obstáculo epistemológico investigado, foi elaborado um questionário qualitativo, que será aplicado nos 2º e 3º anos do curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do IFSP – campus Caraguatatuba. O questionário possui sete questões, sendo três perguntas relacionadas à experiência dos alunos com uma abordagem histórica nas aulas de Física, e quatro situações problema referentes à confusão entre os conceitos de força e energia. Contudo, após análise dos questionários, pretende-se aplicar uma sequência didática, no intuito de propiciar a *desobstaculização* referente a confusão entre os conceitos.

A sequência didática elaborada está pautada nas discussões que permearam o desenvolvimento do conceito de energia desde a Antiguidade, com as concepções de Aristóteles acerca dos movimentos naturais e forçados. Em seguida, traremos algumas contribuições de Galileu Galilei, como o princípio das velocidades virtuais, por meio do qual o filósofo explicava os experimentos do plano inclinado e do pêndulo. Na sequência, selecionaremos alguns trechos do artigo “A POLÊMICA ENTRE LEIBNIZ E OS CARTESIANOS: MV OU MV2?” para mostrarmos a discussão entre René Descartes e Gottfried Leibniz, que defendiam as ideias de *momentum* e *vis viva*, respectivamente, nesta etapa será importante mencionarmos a contribuição de Newton, com a definição do conceito de força, que foi fundamental para a distinção entre os conceitos de força e energia. Em seguida, mostraremos como essa disputa pelo título de “verdadeira medida do movimento e da força de um corpo” teve fim, com D’Alembert, que mostrou que tanto Leibniz quanto Descartes estavam corretos dependendo da relação utilizada no fenômeno, enquanto o teorema do impulso mostra que existe conservação da quantidade de movimento quando relacionamos força e tempo, o teorema da energia cinética mostra que existe conservação da energia (*vis viva*), quando relacionamos a força com a distância. Por fim, o fechamento da história se dará através das contribuições de Mayer, Joule, Colding e Helmholtz, com o princípio de conservação de energia.

Após a aplicação da sequência, pretende-se aplicar novamente o questionário qualitativo, desta vez, modificando as situações problema, no intuito de verificar se o objetivo deste trabalho foi atingido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto encontra-se em fase de aplicação, portanto até a data de submissão do trabalho ainda não temos a análise de dados, contudo, espera-se concluir esta etapa nos dias subsequentes. O objetivo principal deste trabalho é o de avaliar como as aulas baseadas no ensino através da História e Filosofia da Ciência, em conjunto com as problematizações podem contribuir para o rompimento do obstáculo epistemológico relativo ao conceito de energia na Física. Com a análise dos questionários aplicados após a sequência didática, espera-se verificar a superação do obstáculo epistemológico por parte dos estudantes e, desta forma, constatar a eficácia da metodologia utilizada para a superação de obstáculos epistemológicos relacionados ao conceito estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da Didática da Matemática**. Paraná: UFPR, 2007.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, LDA, 1977.
- BROOK, A.; DRIVER, R., Aspects of secondary students 'understanding of energy, **Edit. Driver and Millar**, University of Leeds, 1984.
- BROUSSEAU, G. **Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques**. Recherches En Didactique Des Mathématiques, Grenoble, v. 4.2, p.164-198, 1983.
- BUCUSSI, A. A. INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE ENERGIA. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p.1-32, jan. 2007.
- DUIT, R. **Students notions about the energy concept before and after Physics instruction**, In:, Proceedings of the international workshop on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge, Ludwigsburg, Germany, ed. Jung, Pfundt and Rnoneck, p. 268-319, 1981
- DEPARTMENT OF MATH AND SCIENCE EDUCATION. Teaching and Learning of Energy. In: UNIVERSITY OF BOTSWANA IN-SERVICE FOR SCIENCE AND MATHS TEACHERS, 1994, Botswana. **Workshop for science teachers of senior senior secondary school**. University of Botswana (Botswana): Printed by Printing & Publishing Company Botswana Limited, 1994, p. 1-24.
- GILBERT, J., WATTS, D., Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives, **Science Education**, 10, pp. 61-98, 1983.
- HIGA, T. T. **Conservação de Energia: estudo histórico e levantamento conceitual dos alunos**. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Modalidade em Física) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1988.
- IGLIORI, Sonia, B.C. A noção de “obstáculo epistemológico” e a educação matemática. Educação matemática, Uma (nova) introdução, p. 113-142, São Paulo, Editora PUC-SP, 2008.
- LINO, A. **O desenvolvimento histórico do conceito de energia**: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de Física. 2016. 360 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação Para O Ensino de Ciências e A Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.
- PAIS, L. C. **Didática da matemática**: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.
- PIAGET, J.; GARCIA, R. **Psicogênese e História das Ciências**. Petrópoles, RJ: Editora Vozes, 2011. 375 p. Tradução de: Giselle Unti.
- PONCZEK, R. L. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: MV ou MV²?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 336-347, 2000. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165418>>. Acesso em: 07 jul. 2022.