



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADÊMICA DE FÍSICA
FÍSICA - LICENCIATURA**



ANNA JULYA SANTOS DE OLIVEIRA

**O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA: AS PESQUISAS
DA ÁREA, SUA CONSTRUÇÃO HISTÓRICA E SUA DIDATIZAÇÃO**

CAMPINA GRANDE

2023

ANNA JULYA SANTOS DE OLIVEIRA

**O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA: AS PESQUISAS
DA ÁREA, SUA CONSTRUÇÃO HISTÓRICA E SUA DIDATIZAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física, áreas de Ciências Exatas e das Terras, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Campos

CAMPINA GRANDE

2023

O48p

Oliveira, Anna Julya Santos de.

O princípio de conservação de energia mecânica: as pesquisas da área, sua construção histórica e sua didatização / Anna Julya Santos de Oliveira. – Campina Grande, 2023.

73 f. : il. color.

Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação: Prof. Dr. Alexandre Campos".

Referências.

1. Energia Mecânica. 2. Conservação de Energia. 3. Didática na Ciência. 4. Conceitos Científicos Escolares. 5. Epistemologia dos Conceitos Científicos. 6. Didatização. I. Campos, Alexandre. II. Título.

CDU 531.6(043)

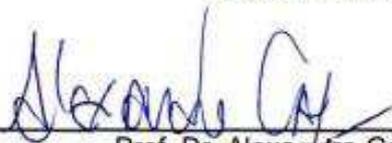
ANNA JULYA SANTOS DE OLIVEIRA

**O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA: AS PESQUISAS
DA ÁREA, SUA CONSTRUÇÃO HISTÓRICA E SUA DIDATIZAÇÃO**

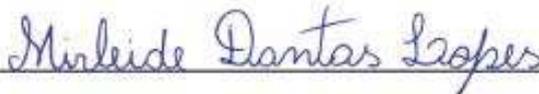
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física, áreas de Ciências Exatas e das Terras, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Física.

Campina Grande, 17 de fevereiro de 2023

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alexandre Campos (Orientador)
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes (Avaliadora Interna)
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior (Avaliador Externo)
Universidade Federal de Itajubá - UniFEI

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mãe, Julianna, que me ensinou a ser forte e acreditar na minha capacidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me oferecer graça durante todo curso para que eu não desistisse nos momentos conturbados. Além disso, por me proporcionar cuidado e suporte bem presente.

A toda minha família, ao meu pai e minha mãe, por sempre acreditaram em mim e por toda luta desde a infância para que eu tivesse uma educação de qualidade. Além disso, agradeço aos meus irmãos que sempre estiveram presente com todo carinho e amor, mesmo nos dias mais difíceis.

Ao meu noivo, Daniel, por estar ao meu lado, me fornecendo amor e suporte desde o início do curso. Por todas as palavras de fortalecimento e confiança, que contribuíram para que eu pudesse avançar na minha trajetória acadêmica.

Ao meu orientador, por toda dedicação nesse trabalho, mas principalmente, por estar presente na minha caminhada desde o início do curso, proporcionando desenvolvimento pessoal e acadêmico. Por em todo momento confiar na minha capacidade, sendo pibidiana ou aluna de iniciação científica.

Aos demais professores e coordenadores da Unidade Acadêmica de Física – UFCG, por todo auxílio da minha formação.

Aos meus colegas de curso, que proporcionaram dias mais leves. Em especial, a Artur, por estar comigo em todas as etapas da graduação, compartilhando momentos e aprendizagens.

RESUMO

O objetivo do trabalho é apresentar um panorama acerca do Princípio de Conservação de Energia presentes em trabalhos da área, sua construção histórica e seu processo de didatização. O ponto de partida para a investigação foram as seguintes perguntas: Por que será que ainda há dificuldades na aprendizagem do conceito de energia, décadas após suas concepções terem sido mapeadas e após materiais e metodologias alternativas terem sido propostas? Será que tais dificuldades também se apresentam em seu ensino? E qual será o tratamento epistemológico dado pelos pesquisadores da área sobre este Princípio de Conservação? Para isso, a metodologia privilegiou 3 dimensões: (1) fazer um levantamento dos artigos sobre o tema, publicados no Brasil nos últimos 13 anos; (2) compreender as principais motivações que culminaram no desenvolvimento do conceito de energia e sua conservação, em especial a da energia mecânica e; (3) analisar de que maneira a Energia Mecânica e seu Princípio de Conservação se apresentam nos livros didáticos, seja em seus aspectos teóricos nas introduções dos capítulos/seções, seja nas tarefas. Para o levantamento dos artigos publicados no Brasil sobre o tema, foram filtrados periódicos da área presentes no triênio Qualis 2013-2016, escolhidos artigos relacionados ao tema e realizada uma leitura criteriosa de cada um com intuito de identificar como os pesquisadores da área tratam o conceito em estudo. Já para o estudo referente à História do Princípio de Conservação da Energia Mecânica nos valem os do livro *Energy: historical development of the concept* (Lindsay, 1975), tomando como recorte temporal desde as discussões aristotélicas até o início do Século XIX. Para a análise dos livros didáticos, adotamos dois referenciais teóricos: A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático, ambas de Chevallard. A primeira teoria nos deu suporte para analisar a distância que existe entre o saber desenvolvido pelo cientista (saber sábio) e o saber presente nos materiais didáticos (saber a ensinar); a segunda, nos ajudou na análise da organização praxeológica (tarefa, técnica, tecnologia e teoria) dos livros didáticos. Ao final, essa investigação nos permite considerar que os próprios pesquisadores da área demonstram uma aparente falta de clareza nos artigos publicados relacionados ao tema. Em consequência disso, os materiais didáticos apresentam o conceito descrito de maneira direta e simples, sem seus aspectos epistemológicos e processos de desenvolvimento.

Palavras-chaves: Conservação de Energia. Energia Mecânica. Conceitos Científicos Escolares. Didatização. Epistemologia dos Conceitos Científicos.

ABSTRACT

The objective of this work is to present an overview about the Principle of Conservation of Energy present in works in the area, its historical construction and its teaching process. The starting point for the investigation was the following questions: Why is it that there are still difficulties in learning the concept of energy, decades after its conceptions were mapped and after alternative materials and methodologies were proposed? Do such difficulties also present themselves in your teaching? And what will be the epistemological treatment given by researchers in the area to this Principle of Conservation? For this, the methodology favored 3 dimensions: (1) to survey the articles on the subject, published in Brazil in the last 13 years; (2) understand the main motivations that culminated in the development of the concept of energy and its conservation, in particular that of mechanical energy and; (3) analyze how Mechanical Energy and its Conservation Principle are presented in textbooks, either in their theoretical aspects in the introductions of chapters/sections, or in tasks. For the survey of articles published in Brazil on the subject, periodicals in the area present in the Qualis 2013-2016 triennium were filtered, articles related to the subject were chosen and a careful reading of each was carried out in order to identify how researchers in the area treat the concept in study. For the study concerning the History of the Principle of Conservation of Mechanical Energy, we used the book *Energy: historical development of the concept* (Lindsay, 1975), taking as a time frame from the Aristotelian discussions to the beginning of the 19th century. For the analysis of textbooks, we adopted two theoretical references: *The Theory of Didactic Transposition* and *the Anthropological Theory of Didactics*, both by Chevallard. The first theory supported us in analyzing the distance between the knowledge developed by the scientist (wise knowledge) and the knowledge present in teaching materials (knowledge to teach); the second helped us to analyze the praxeological organization (task, technique, technology and theory) of the textbooks. In the end, this investigation allows us to consider that researchers in the area themselves demonstrate an apparent lack of clarity in published articles related to the topic. As a result, the teaching materials present the concept described in a direct and simple way, without its epistemological aspects and development processes.

Keywords: Energy conservation. Mechanical Energy. School Scientific Concepts. Didatization. Epistemology of Scientific Conceptions.

APRESENTAÇÃO

A construção dos conceitos científicos está relacionada tanto aos seus aspectos empíricos, quanto à sua construção analítica. Ao voltar os olhos para essa construção, podemos destacar aspectos importantes de alguns filósofos da ciência ao que diz respeito à relação entre a experiência e a teoria.

De acordo com Bachelard (1978), seria possível categorizar esses conceitos em 5 perfis: realismo ingênuo, empirismo clássico, racionalismo clássico, racionalismo complexo e ultra racionalismo. Cada perfil explicaria diferentes perspectivas do mesmo conceito. Assim, determinado conceito científico poderia ser analisado em um, ou em mais de um, desses perfis a depender do corte epistemológico de sua abordagem. Baseando-se nessa ideia podemos garantir a coexistência de características epistemológicas interpretativas diversas em um mesmo conceito (BARROSO e PINTO, 2017, p.17).

Gilles Gaston-Granger (1994), outro filósofo da ciência, discute de que maneira o conhecimento analítico é engendrado a partir da experiência. Granger chama atenção para o papel que a linguagem desempenha ao permitir a articulação e operacionalização de significados e símbolos. Dessas articulações seria possível perceber novas realidades e essas novas realidades seriam passíveis, ou não, de comprovação empírica.

Tendo noção que existem várias perspectivas ao se considerar um conceito científico, como os perfis epistemológicos, a natureza do conceito e a operacionalidade, podemos nos debruçar a respeito do conceito de energia.

Essa curiosidade se justifica por algumas razões: (i) pelo fato de os livros tradicionais o definirem como “a capacidade de realizar trabalho”, (ii) por não estar claro de que maneira as pesquisas em Ensino de Ciências avançaram a partir do mapeamento das concepções espontâneas para este conceito; (iii) pelo fato de ser um conceito engendrado, historicamente, entre muitas idas e vindas, muitas discussões e dificuldades em estabelecer e diferenciar seu limite de atuação do limite de atuação do conceito de momento; (iv) pelo que nos parece ser uma didatização que apresenta o conceito como um produto e não como um processo indissociável entre conversão e conservação.

Sendo assim, pode-se perguntar:

- O que significa, então, do ponto de vista do uso cotidiano e do ponto de vista científico, o termo energia?
- Quais são as concepções espontâneas relacionadas a esse conceito?
- Como se apresenta nos artigos da área?
- Como se deu seu processo de construção histórica?
- Como se apresenta nos livros didáticos?

Para isso, o trabalho retoma, de maneira muito breve, as concepções espontâneas de energia e sua aprendizagem. Pelo fato de tais concepções serem conhecidas na área, espera-se que pesquisadores elaborem materiais alternativos em que se privilegie o processo e não o produto “energia”. A seguir, tomaremos apenas a modalidade de energia mecânica e trilharemos o caminho histórico de sua construção, tendo como fonte elementos relevantes de pensadores que contribuíram para o processo de sua elaboração. Por último, apresentaremos o conceito em um livro didático e analisaremos os exercícios (resolvidos e propostos), também presentes em um livro didático. O referencial utilizado para investigarmos o livro didático será a Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático. Sendo assim, o trabalho está organizado em 7 capítulos, além desta apresentação.

O primeiro capítulo está dividido em 3 seções. A primeira apresentará uma ideia do uso do termo energia no cotidiano, na filosofia e no Ensino de Ciências. A segunda seção comentará brevemente sobre as dificuldades de aprendizagem relacionadas à energia. Já a terceira seção trará, também de maneira breve, alguns aspectos relacionados às concepções espontâneas de energia.

O segundo capítulo define a metodologia utilizada para estruturação da pesquisa. Dessa forma, são descritas as três etapas principais do trabalho. A primeira etapa, explicando como se deu a revisão sistemática da literatura a respeito do conceito de energia mecânica; a segunda etapa, sendo a análise do saber sábio, com base em fontes secundárias e algumas primárias; a terceira etapa, os principais aspectos da Teoria da Transposição Didática e da Teoria Antropológica do Didático, que nos deram subsídios para a análise da transposição didática externa e para os tipos de tarefas presentes nos livros didáticos.

O terceiro capítulo apresentará a revisão sistemática da literatura em trabalhos publicados em periódicos de Ensino de Ciências no Brasil. Esta revisão é fruto da

investigação que realizei em âmbito de Iniciação Científica. Ela considerou os trabalhos publicados nos últimos 13 anos cujo objeto de discussão era a energia. O que se buscou identificar era de que maneira pesquisadores da área se valem da natureza do conceito de energia.

Como foram utilizadas duas teorias como base para pesquisa, o quarto capítulo tem como objetivo descrever as características principais dessas teorias. Para isso o capítulo, é dividido em duas seções, a primeira apresenta a Teoria da Transposição Didática desenvolvida por Chevallard e a segunda, a Teoria Antropológica do Didático, que possui o mesmo pesquisador como autor.

O quinto capítulo apresenta a análise do saber sábio, sendo dividida em duas seções de maneira temporal. A primeira seção descreve as raízes do conceito, partindo da antiguidade até a idade média. Já a segunda seção, descreve alguns autores principais do desenvolvimento do conceito do século XV ao XVIII.

O capítulo seis tem o objetivo de analisar a transposição didática externa, tendo em mente a construção histórica do conceito por meio da análise do saber sábio, comparando-o com o saber a ensinar que aparece nos livros didáticos aprovados pela PNLD de 2021.

O sétimo capítulo apresenta a análise do saber a ensinar de acordo com a Teoria Antropológica do Didático, portanto, é dividido em sete seções, cada uma referente a uma coleção de livros. Em cada seção é possível verificar uma tabela com a relação de tipos e quantidade de tarefas de cada coleção, além disso, a organização praxeológica de pelo menos uma tarefa proposta no livro.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	10
1.1. ENERGIA: UM TERMO ABSTRATO	10
1.2. O CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO: UM RECORTE	11
1.3. CONCEPÇÕES SOBRE O CONCEITO	12
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA	14
CAPÍTULO 3 – ENERGIA E AS PESQUISAS EM ENSINO DE CIÊNCIAS: REVISÃO DA LITERATURA	18
CAPÍTULO 4 - REFERENCIAL TEÓRICO	33
4.1. A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	33
4.2. TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO	37
CAPÍTULO 5 - SABER SÁBIO (HISTÓRIA DA ENERGIA MECÂNICA)	39
5.1. RAÍZES DO CONCEITO: ANTIGUIDADE E IDADE MÉDIA.....	39
5.2. SÉCULO XV ao XVIII.....	40
5.2.1. Algumas contribuições de Galileu Galilei (1564-1642)	40
5.2.2. Algumas contribuições de Descartes (1596 – 1650)	41
5.2.3. Algumas contribuições de Leibniz (1646-1716)	42
5.2.4. Algumas contribuições de Johan Bernoulli (1667 – 1748) e D’Alembert (1717 – 1783): controvérsias sobre a <i>vis viva</i>	43
5.2.5. Algumas contribuições de Euler (1707 – 1783)	44
5.2.6. Algumas contribuições de Daniel Bernouli (1700 – 1782)	46
5.2.7. Algumas contribuições de Thomas Young (1773 – 1829)	46
5.2.8. Algumas contribuições de Lazaret Carnot (1752 – 1823)	47
5.2.9. Algumas contribuições de Lagrange (1736 – 1813)	48
CAPÍTULO 6 - TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA EXTERNA PARA O CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA	50
6.1. Tabelas de definições presentes nos livros didáticos	50
6.2. Algumas considerações sobre os tipos de tarefas de Energia Mecânica dos livros didáticos	54
CAPÍTULO 7 - A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO APLICADA ÀS TAREFAS DE ENERGIA MECÂNICA	57
7.1. Coleção 1: Ciências da Natureza.....	57
7.1.1. Organização Praxeológica	57
7.2. Coleção 2: Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	58
7.2.1. Organização Praxeológica Coleção: Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	58

7.3. Coleção 3: Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	60
7.3.1. Organização Praxeológica Coleção: Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	60
7.4. Coleção 4: Tecnologias Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	61
7.4.1 Organização Praxeológica Coleção: Tecnologias Matéria, Energia e Vida	61
7.5. Coleção 5: Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	62
7.5.1. Organização Praxeológica Coleção: Moderna Plus	62
7.6. Coleção 6: Multiversos – Ciências da Natureza.....	64
7.6.1 Organização Praxeológica Coleção: Multiversos	64
7.7. Coleção 7: Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias	64
7.7.1 Organização Praxeológica Coleção: Ser Protagonista	65
<u>7.8. Algumas considerações sobre os tipos de tarefas de Energia Mecânica dos livros didáticos</u>	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	70

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo sintetiza o conceito de energia em 3 sentidos: a abstração do termo, seu ensino e as concepções. A abstração se refere ao uso de seu termo e ao seu caráter científico; seu ensino se refere ao fato de estar presente em diferentes disciplinas e pela aparente falta de compreensão por parte dos professores e; no que diz respeito às suas concepções, mencionaremos as principais concepções espontâneas mapeadas na literatura.

1.1. ENERGIA: UM TERMO ABSTRATO

A palavra energia é muito utilizada tanto no meio científico quanto no meio cotidiano. Em cada um desses meios é utilizada com diferentes significados (SILVA e NETO, 2021). Pode-se pensar que, no meio científico, está relacionada à sua natureza; ao passo que está mais relacionada ao seu uso prático, no meio cotidiano.

Outro aspecto da energia diz respeito ao seu caráter unificador na ciência e, em muitos casos, também no dia a dia. Um exemplo desse caráter unificador, na ciência, é aquele que se refere à sua abrangência nas diferentes áreas e disciplinas. Assim, é possível transitar entre, por exemplo, as ciências da saúde e as ciências químicas, tomando como referência aspectos quantitativos da energia. Por outro lado, também no sentido unificador, é comum alguns profissionais de terapias holísticas afirmarem que os pés no chão ajudam a manter as boas “energias” com o planeta¹.

Seja na ciência, seja no cotidiano, a palavra energia é muito abrangente. Essa captura de possibilidades torna possível explicar aparentemente de maneira bastante simples as experiências humanas e as observações, comprovações e explicações científicas, cada qual em seu domínio explicativo. No limite, é uma palavra que descreve muitos elementos da nossa experiência de forma econômica e poderosa (LINDSAY, 1976).

O conceito de energia possui uma maior complexidade em relação a outros conceitos estudados em física. Para Bunge (2000), trata-se, na verdade, de um conceito que está no limite entre a física e a metafísica, já que é utilizado no domínio da física, mas esse não é suficiente para sua explicação.

¹ Trata-se aqui de uso pseudocientífico da palavra energia.

Papadouris e Constantinou (2011) associam tal caráter, que é, ao mesmo tempo, unificador e abstrato, ao seu desenvolvimento histórico de forma confusa e fragmentada. Surgiu no século XIX. É um conceito construído analiticamente, numa confluência dos processos de conversão, do ponto de vista qualitativo, e das respectivas confirmações quantitativas da conservação de uma grandeza numérica, do ponto de vista quantitativo.

Aliado às confirmações quantitativas se percebeu a proximidade com a força viva, $m \cdot v^2$, por conta, principalmente, de seu uso na função trabalho (DUGAS, 1988; KUHN, 2011). Ou seja, é a partir da percepção de uma quantidade que se conserva que o conceito de energia foi engendrado. Configura-se, assim, o desenvolvimento de um conceito que é não observável.

Portanto, o conceito de energia vai além da definição apresentada na maioria dos materiais didáticos, que se baseia apenas no aspecto operacional. Como dito por Feynman (2008), a energia é algo que não sabemos ao certo do que se trata, mas está relacionado a uma quantidade que se transforma e se conserva.

Porém, a reflexão sobre a sua natureza e construção não é comum na vida cotidiana e no meio científico, pois a Física atual não tem se preocupado como deveria com a sua definição (FEYNMAN, 2017 apud MARINIAK e HILGER, 2021). A partir dessa afirmação, por sua abrangência e polissemia é interessante lançar luz em aspectos de seu processo de didatização.

1.2. O CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO: UM RECORTE

Tendo em vista as dificuldades que rodeiam esse conceito, as pesquisas na área de Ensino de Ciências voltadas para os aspectos do conceito de energia são bastante relevantes. Pois, buscam chamar atenção para complexidade e necessidade de maior atenção em relação ao ensino e aprendizagem do conceito.

Alguns temas são abordados como aspectos que cercam a dificuldade do ensino do conceito de energia. Um deles é a formação de professores na área de Ensino de Ciências, como mostrado por Osório, Stoll e Martins (2019, p. 34) em uma oficina ministrada para alunos do curso de Licenciatura de Ciências da Natureza. Nesta oficina, verificou-se que a maioria dos acadêmicos demonstrou o conhecimento

apenas do aspecto operacional do conceito, definindo como “capacidade de realizar trabalho”.

Além disso, o conceito de energia é considerado interdisciplinar, pois do ponto de vista escolar, não pertence exclusivamente a este ou aquele componente. Ele se encaixa em conteúdo de Física, Química, Biologia e até mesmo de Educação Física. Isso acaba trazendo confusão em relação a sua definição, porque para os alunos aparenta existir uma definição diferente para cada disciplina.

Outra questão que gera ainda mais complexidade ao conceito é o seu uso abrangente nas situações cotidianas, seja relacionado aos aspectos utilitaristas como “preciso de energia para correr” ou até mesmo em relação a aspectos místicos como “esse ambiente tem uma energia negativa”. Por causa dessas ideias do senso comum sobre o conceito, surgem pesquisas que destacam as concepções espontâneas a respeito dele.

1.3. CONCEPÇÕES SOBRE O CONCEITO

São chamadas de concepções espontâneas um agrupamento de categorias de ideias, presentes no senso comum da maioria das pessoas em relação ao conceito. Tais concepções são em sua maioria consensuais no que se refere às pesquisas em Ensino de Ciências, tendo seu auge nas décadas de 1980 e de 1990 (SOLOMON, 1985; TRUMPER, 1990). Com base nessas pesquisas, as concepções foram sintetizadas em cinco (BARBOSA e BORGES, 2006, p.192): i. Antropocêntrica; ii. Energia armazenada (depósito); iii. Associada à força e movimento; iv. Energia como combustível; v. Fluido, ingrediente ou produto.

Essa confusão e uso indiscriminado do conceito de energia, e do princípio de conservação, também sofrem influência dos conteúdos estudados na escola. Segundo a revisão da literatura de Tatar e Oktay (2007), pesquisas realizadas ainda na década de 1980 verificaram que para os alunos explicarem o processo de combustão recorreriam aos conhecimentos de química (reações químicas), à percepção de que, na queima, ocorre diminuição da massa (da madeira, do papel etc), ao conhecimento que possuem de que, em nível atômico, a velocidade dos elétrons é c e da equação (por ser facilmente lembrada) para justificarem o princípio de conservação de energia (TATAR e OKTAY, 2007, p. 80).

Em outras palavras, do ponto de vista da aprendizagem e do desenvolvimento, a apreensão do que seja energia e do que seja conservação de energia é muito frágil, possui forte influência do termo energia utilizado indistintamente no cotidiano e traz aspectos das relações apresentadas nos diferentes componentes curriculares escolares, seja do ponto de vista do aspecto utilitarista, seja do ponto de vista ontológico e epistemológico.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA

Diante das dificuldades que rodeiam o conceito de energia, passamos a nos questionar quais, se e como os pesquisadores em Ensino de Ciências abordariam essa questão em suas investigações. Esta inquietação surgiu por duas razões: (1) pelo fato de as dificuldades que permeiam o conceito, seu ensino e sua aprendizagem não serem recentes e; (2) para que o conceito seja mais bem abordado é necessário que existam materiais e pesquisas que busquem aproximar os aspectos da construção lógica do saber da esfera científica à esfera da aprendizagem.

Para identificar como é realizada a abordagem por parte dos pesquisadores da área, foi realizada a verificação por meio de uma revisão sistemática da literatura. Assim, foi possível observar se e como eles privilegiam algum tratamento epistemológico no saber científico escolar do princípio de conservação de energia e, por consequência, do conceito de energia.

A revisão bibliográfica se iniciou a partir da seleção criteriosa de artigos publicados em língua portuguesa entre o período de janeiro de 2009 a novembro de 2022. Esse período foi estabelecido pois essa revisão teve início com uma iniciação científica do ano de 2019, onde tinha como objetivo trabalhar os últimos 10 anos. Porém, foi necessária uma atualização da revisão, acrescentando os anos de 2020, 2021 e 2022 para essa pesquisa.

Para a seleção dos artigos, inicialmente recorreremos à tabela Qualis quadriênio 2013-2016. Analisou-se o escopo de todas as revistas do triênio, filtrando aquelas que publicam apenas na área de Ensino de Ciências da natureza e matemática. Conseguiu-se, assim, a primeira filtragem, a de identificar todas as revistas publicadas em língua portuguesa, cujo escopo teria alguma implicação com e/ou para o Ensino de Ciências e Matemática. As revistas foram organizadas, em tabela, de acordo com os respectivos estratos (A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5 e C).

A partir dessa organização, iniciou-se uma pesquisa mais específica em cada periódico, considerando dois aspectos, o tema (energia) e o recorte temporal (2009-2022). Passou-se, então, a busca por artigos que possuíam a palavra “energia”, “calor”, “termodinâmica” e “conservação” ou no título e/ou no resumo e/ou nas palavras-chave. Essa leitura foi realizada para cada estrato, permitindo identificar 121 artigos (tabela 1).

Tabela 1 – Artigos publicados nos periódicos da área sobre o conceito energia no período 2010-2022.

Estrato		N. de Periódicos	N. de Artigos
Qualis	A1	6	17
	A2	13	17
	B1	91	31
	B2	46	15
	B3	29	2
	B4	11	12
	B5	13	22
	C	5	0

Fonte: A autora

Os artigos foram lidos, um a um, começando com aqueles cujo estrato era o A1, depois A2, B1 e assim por diante até o estrato C. Foi realizada, primeiramente, uma leitura superficial do resumo e introdução, para verificar os que mais se aproximavam a destacar a natureza do conceito. Logo após, foi realizada uma leitura criteriosa para identificar se ao longo do artigo os autores abordam o conceito de energia, quais sejam, de acordo com sua natureza e/ou de acordo com sua função. Considerando a natureza do conceito a abordagem que traz aspectos epistemológicos e ontológicos², que priorizam aspectos da construção do conceito, já a função do conceito aquele que destaca apenas seus aspectos utilitaristas. Além disso, também foram identificados os objetos específicos discutidos em cada artigo: formação de professores, sequências didáticas, livros, aprendizagem, história da ciência, aspectos relacionados à CTS, experimentação, propostas didáticas e aspectos relacionados à linguagem.

Com essa revisão, identificando que até os pesquisadores da área pouco privilegiam a natureza do conceito de energia mesmo que já existam levantamentos de que o conceito é complexo e cercado de dificuldades em relação à sua aprendizagem, buscamos identificar como ele aparece nos livros didáticos. Para isso, foram utilizadas duas teorias, a Teoria da Transposição Didática e Teoria

² Sendo aspectos ontológicos e epistemológicos aqueles que expressam uma reflexão do saber em relação a sua organização, desenvolvimento e funcionamento. Com intuito de entender o sentido do conceito em si.

Antropológica do Didático, ambas desenvolvidas por Chevallard. Assim, a análise foi estruturada em três momentos: a análise do saber de origem, de acordo com a construção histórica do conceito; a análise da transposição didática externa; e por fim, a análise da organização praxeológica nos livros didáticos.

Primeiramente, seguindo a Teoria da Transposição Didática, para que fosse entendida a natureza do conceito de energia mecânica e seu princípio e conservação foi observada a sua construção histórica, voltando os olhos para o saber de origem, aquele desenvolvido na esfera da ciência. Porém, pesquisar sobre a história da evolução de um conceito científico não é fácil. Como destacado por Gomes (2015, p. 409) o primeiro obstáculo são as fontes, pois, é unânime a prioridade às fontes primárias. Mas quando se trata de um conceito construído por vários pesquisadores ao longo de séculos, se torna muito difícil a finalização da análise dependendo do tempo disponível para pesquisa. Outro obstáculo são as fontes secundárias, já que quem escreve sobre algo emite sua opinião sobre aquilo, porque entendemos que não existe escrita neutra.

Com intuito de minimizar erros na abordagem histórica do conceito, foram utilizadas como base as fontes secundárias indicadas por Martins (1984). Ao longo da leitura delas, algumas fontes primárias foram selecionadas. Como a construção histórica do conceito de energia mecânica é bastante rica em detalhes e complexa, não temos como intuito descrevê-la completamente, mas abordar o que foi discutido pelos cientistas dentro do limite do mundo ocidental, no período da antiguidade até o século XVIII.

Partindo para a análise da transposição didática externa, primeiramente foram escolhidos os livros didáticos. Para essa escolha, foi utilizado como critério as coleções aprovadas no PNLD 2021. Inicialmente, selecionamos as unidades que abordavam o conceito de energia mecânica e seu princípio de conservação de cada coleção.

Quadro 1 – Coleção de livros didáticos analisados

Título	Editora	Ano
Ciências da Natureza – Lopes e Rosso	Moderna	2020
Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Moderna	2020
Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Moderna	2020
Materia, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	Scipione	2020
Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Moderna	2020
Multiversos – Ciências da Natureza	FTD	2020
Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias	SM	2020

Fonte: Dados da pesquisa – Link: https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_proj_int_vida/componente-curricular/pnld2021-didatico-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologia

Com isso, foram criadas tabelas contendo como os livros didáticos apresentam o conceito-chave de trabalho, energia mecânica, energia cinética, energia potencial e conservação de energia. Para a análise, verificamos 5 aspectos: publicidade, programabilidade, despersonalização, desincretização e descontextualização. Com isso, foi possível notar a distância que existe entre saber de origem, presente à construção do conceito e o saber a ensinar, presente nos materiais didáticos.

Finalizando, foi analisado como o conceito é organizado nos livros didáticos com base na Teoria Antropológica do Didático. Assim, identificamos dois tipos de tarefas: tipo 1, descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula e tipo 2, interpretação de situação relacionada à natureza do conceito. Foram construídas tabelas de análise para cada coleção contendo a unidade analisada, tipo de tarefa, quantidade de exercícios resolvidos e exercícios propostos. Logo após, foi realizada a análise sob a ótica da Teoria Antropológica do Didático de alguns exercícios das coleções analisadas.

CAPÍTULO 3 – ENERGIA E AS PESQUISAS EM ENSINO DE CIÊNCIAS: REVISÃO DA LITERATURA

A seguir serão apresentadas as tabelas para o quantitativo de artigos encontrados em cada estrato e a análise dos artigos³.

Artigos publicados em Qualis A1

Tabela 2 – Artigos encontrados nos periódicos Qualis A1

Objeto de Discussão	Natureza	Função	Total
Aprendizagem	0	1	1
CTSA	0	5	5
Experimentação	1	1	2
História da Ciência	0	1	1
Linguagem	2	0	2
Livros didáticos	2	1	3
Sequência didática	0	1	1
Tópicos diversos	0	3	3
Total	5	13	18

Fonte: A autora

Análise dos artigos publicados em Qualis A1

Portanto, foram identificados cinco artigos que em uma leitura mais geral é notado a natureza do conceito de energia, eles são:

Tabela 3 – Artigos que tratam da natureza do conceito Qualis A1

Título do artigo	Autor	Periódico	Ano Volume Número	Objeto de discussão
Diagramas de energia de orbitais em livros didáticos de Química Geral: uma análise sob o viés da semiótica Peirceana	ROZENTALSKI, E.; PORTO, P. A.	Ciência & Educação	2018 v. 24 n. 2	Livros didáticos

³ A análise privilegiou apenas os artigos que a natureza do conceito de energia, desconsiderando aqueles que lidam unicamente com seus aspectos utilitaristas (função).

Análise newtoniana de um sistema mecânico com uma força dependente da velocidade e a existência de condições para a conservação de energia	SAMPAIO, R. V.; FRACALLOSSI, R.; OLIVEIRA, A. M.	Revista Brasileira de Ensino em Física	2014 v. 36 n. 1	Linguagem
Experimento de baixo custo para medição da dissipação da energia em um pêndulo	ALMEIDA, M. M.	Revista Brasileira de Ensino em Física	2021 v. 43 n.1	Experimentação
Processos de difusão de partículas da mesma natureza em dois estados de energia diferentes	BEVILACQUA, L.	Revista Brasileira de Ensino de Física	2021 v.43 n.1	Linguagem
A equivalência entre o Princípio de Maximização de Entropia e o Princípio de Minimização de Energia	LIMA, N. W.; DUARTE, S.	Revista Brasileira de Ensino de Física	2022 v. 44 n. 1	Livros didáticos

Fonte: A autora

No artigo “Diagramas de energia de orbitais em livros didáticos de Química Geral: uma análise sob o viés da semiótica Peirceana” aborda a existência de diagramas de energia de orbitais. Esse artigo investiga esses diagramas sob uma visão filosófica e educacional, com referência na semiótica pierceana. É observado que possui um tratamento epistemológico e ontológico, mas a respeito dos diagramas de energia de orbitais. Não é falado especificamente sobre o conceito de energia em si.

No segundo artigo, “Análise newtoniana de um sistema mecânico com uma força dependente da velocidade e a existência de condições para a conservação de energia” é proposto uma abordagem newtoniana ao estudo de um sistema clássico com alto grau de acoplamento entre as coordenadas. Então, por meio de resoluções matemáticas, os autores conseguem validar o teorema de conservação de energia,

mostrando que no sistema a energia total é conservada e também a energia de eixo a eixo. É visto que no artigo o conceito de energia não é tratado como função, mas também não é feita nenhuma abordagem epistemológica. Os autores trazem a linguagem matemática para definir e validar o conceito.

O artigo com o título “Experimento de baixo custo para medição da dissipação da energia em um pêndulo” apresenta um experimento utilizando Arduíno que possibilita determinar a taxa de amortecimento para o pêndulo através de sensores. Ao longo do trabalho são apresentados os dados e cálculos relacionados a cada pêndulo, até chegar na medição da dissipação da energia. Percebemos que o autor não trata o conceito de energia visando a sua utilidade. O conceito é visto como algo operacional. Portanto, como no artigo anterior, a epistemologia do conceito não está presente.

O artigo “Processos de difusão de partículas da mesma natureza em dois estados de energia diferentes”, é uma pesquisa teórica e analítica que não trata especificamente a respeito do conceito de energia. Portanto, ele aparece para identificar o estado de energia da partícula, privilegiando a linguagem matemática. Novamente, não existe nenhum destaque a respeito da definição ou epistemologia do conceito.

Já o artigo “A equivalência entre o Princípio de Maximização de Entropia e o Princípio de Minimização de energia”, apresenta a discussão original de Gibbs sobre a equivalência entre as condições de equilíbrio de entropia e energia. Logo após, analisa a termodinâmica a partir de suas leis, presentes nos livros didáticos. Esse trabalho possui um cuidado epistemológico, porém, é voltado ao conceito de entropia e não de energia.

Artigos publicados em Qualis A2

Tabela 4 – Artigos encontrados nos periódicos Qualis A2

Objeto de Discussão	Natureza	Função	Total
Aprendizagem	1	0	1
CTSA	0	8	8
Experimentação	0	1	1
História da Ciência	2	0	2
Linguagem	2	0	2
Proposta de ensino	1	2	3
Total	6	11	17

Fonte: A autora

Análise dos artigos publicados em Qualis A2

Foram identificados seis artigos no estrato Qualis A2. Em uma leitura mais geral é notada a natureza do conceito de energia, eles são:

Tabela 5 – Artigos que tratam da natureza do conceito Qualis A2

Título do artigo	Autor	Periódico	Ano Volume Número	Objeto de discussão
A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte I	GOMES, L. C.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2015 v. 32 n. 2	História da Ciência
A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte II	GOMES, L. C.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2015 v. 32 n. 3	História da Ciência
Corrida de bolinhas: reflexão sobre o uso do conceito de movimento e de conservação de energia mecânica	TRAVAIN, S. A.; ASSIS, A.; CINDRA, J. L.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2018 v. 35 n. 2	Proposta de Ensino
Aprendizagem significativa na EJA: uma análise da evolução conceitual a partir de uma intervenção didática com a temática energia	GOMES, A. T.; GARCIA, I. K.	Investigação em ensino de Ensino de Ciências	2014 v. 19 n. 2	Aprendizagem
Função estética dos signos artísticos para promover processos discursivos em sala de aula: uma aplicação durante o ensino do conceito de energia mecânica	LABURÚ, C. E.; NARDI, R.; ZÔMPERO, A. F.	Investigação em ensino de Ensino de Ciências	2014 v. 19 n. 2	Linguagem
A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida	CREPALDE, R. S.; JÚNIOR, O. G. A.	Investigação em ensino de Ensino de Ciências	2013 v. 18 n. 2	Linguagem

Fonte: A autora

Os artigos com o título “A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem” parte I e parte II tem o objetivo de mostrar os aspectos essenciais do desenvolvimento histórico do conceito físico de energia, assim contribuindo para minimizar as dificuldades no entendimento desse conceito. Os autores fazem uma abordagem totalmente histórica, destacando aspectos da filosofia que contribuíram para o desenvolvimento do conceito. Eles explicam o conceito de energia a partir da sua origem e primeiros usos da palavra,

destacando que “esse termo ao ser introduzido por Aristóteles na Metafísica assume um significado muito diferente do que o atribuímos atualmente.” (GOMES, 2015, p. 411). Também afirmam acreditar que a melhor definição de energia foi dada por Feynman, que define a energia como uma quantidade numérica que não se altera mas passa por múltiplas modificações. Logo, pode ser notado que os artigos abordam o conceito de energia de acordo com sua natureza.

O artigo “Corrida de bolinhas: reflexão sobre o uso do conceito de movimento e de conservação de energia mecânica” apresenta uma proposta de atividade experimental de demonstração, intitulada “corrida de bolinhas”, para que seja usada com o objetivo de discutir conceitos de movimento e de conservação de energia mecânica. Neste artigo é feita apenas uma demonstração matemática, portanto não trata sobre epistemologia do conceito.

Já o artigo, “Aprendizagem significativa na EJA: uma análise da evolução conceitual a partir de uma intervenção didática com a temática energia” propõe a discussão da importância do tema transversal Energia, e evolução conceitual dos alunos ligada ao tema. Nesse artigo, por mais que tenham realizado questionários para destacar as concepções dos alunos, as atividades propostas trabalham a conceito apenas de acordo com sua função, destacando aspectos utilitaristas.

O artigo “A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida”, foca em trabalhar as relações entre conhecimento científico e conhecimento cotidiano. Além disso, tem objetivo de aprofundar teoricamente, a partir de uma perspectiva sócio histórica fundada em Vygotsky e Bakhtin e pretende examinar os sentidos produzidos ao conceito de energia, por estudantes do curso de licenciatura do campo. Na análise dos textos produzidos pelos alunos, os autores fazem uma análise mais focada em como é utilizado os conceitos, não abordam especificamente a epistemologia do conceito.

Artigos publicados em Qualis B1

Tabela 6 – Artigos encontrados nos periódicos Qualis B1

Objeto de Discussão	Natureza	Função	Total
Aprendizagem	4	2	5
CTSA	0	2	2
Experimentação	0	2	2
Formação de professores	0	1	1

Proposta de ensino	1	11	12
Sequência didática	1	6	7
Tópicos Diversos	0	1	1
Total	6	25	31

Fonte: A autora

Análise dos artigos publicados em Qualis B1

Foram identificados 6 artigos no estrato Qualis B1 onde é notada a natureza do conceito de energia, eles são:

Tabela 7 – Artigos que tratam da natureza do conceito Qualis B1

Título do artigo	Autor	Periódico	Ano Volume Número	Objeto de discussão
Análise de concepções sobre energia química antes e depois de uma atividade de ensino sobre rotulagem de alimentos	BRITO, T. C.; CASTRO, D. L.	Ciência em Tela	2010 v. 3 n. 2	Aprendizagem
O estudo de energia: uma experiência de ensino na perspectiva CTS e o uso de mídia	JUNIOR, J. A. A.; DANTAS, C. R. S.; NOBRE, F. A. S.	Experiências em Ensino de Ciências	2010 v. 5 n. 1	Aprendizagem
Replanejando uma sequência de ensino investigativa sobre conservação de energia	PARMA, M.; BRUGNAGO, E. L.; BELLUCCO, A.	Experiências em Ensino de Ciências	2018 v. 13 n. 5	Sequência de didática
Proposta didática para o ensino da ciência da natureza com foco na unidade temática matéria e energia	SILVA, E. J. et al.	Trilhas Pedagógicas	2019 v. 9 n. 10	Proposta de Ensino
Mapas conceituais como instrumento de avaliação na construção de conceitos sobre energia com alunos do ensino médio	DANTAS, C. R. S.; GERMANO, M. G.; MOTA, F. M. G. S. C.	Experiências em Ensino de Ciências	2017 v. 12 n. 5	Aprendizagem
Matéria escura e energia escura em atividades de divulgação científica	SOUZA, D. C. P.; TEIXEIRA, R. R. P.	Debates em Educação Científica e Tecnológica	2021 v. 11 n. 1	Aprendizagem

Fonte: A autora

O artigo “Análise de concepções sobre energia química antes e depois de uma atividade de ensino sobre rotulagem de alimentos.” é uma proposta de ensino, da área de ensino em química e tem como objetivo trabalhar o conceito de energia química

através de uma atividade com rótulos de alguns alimentos. Na atividade realizada é feita a comparação do conceito da energia com aspectos da vida cotidiana. Por mais que isso tenha gerado facilidade no processo de ensino, acabou empobrecendo o conceito e reforçando as concepções alternativas. Podemos perceber quando Brito e Castro (2019, p. 4) afirma que “assim como, no motor dos veículos o álcool e a gasolina são queimados gerando energia para o carro se locomover, a queima dos alimentos gera energia para o corpo humano” (BRITO e CASTRO, 2019, p.4). Logo, é notado que ao comparar a energia com gasolina e alimentos fortalece a concepção utilitarista de que a energia é um combustível.

Já o artigo “O estudo de energia: uma experiência de ensino na perspectiva CTS e o uso de mídias” trata de uma proposta de ensino, com o foco em ensinar o conceito de energia enfatizando o uso de novas tecnologias da informação e comunicação. O objetivo do artigo, está baseado em identificar concepções espontâneas, discutir textos científicos sobre o assunto, utilizar vídeos e filmes sobre o conceito e analisar as modificações de concepções. A proposta de ensino motivou os alunos, mas pelos resultados obtidos e apresentados no trabalho percebe-se que as concepções foram mantidas, pois na atividade não foi dado ênfase para o tratamento epistemológico do conceito, embora na justificativa da escolha do tema os autores abordem sobre as concepções espontâneas e os erros conceituais, que são problemas relacionados à natureza do conceito.

O artigo “Replanejando uma sequência de ensino investigativo sobre conservação de energia” é um relato de experiência do Pibid e apresenta uma proposta de iniciar o estudo de Física pelo conteúdo do Princípio de Conservação da Energia Mecânica. Foi considerado como objetivo da aprendizagem não apenas a análise dos resultados experimentais, mas a compreensão de como se desenvolve uma metodologia de pesquisa. Com a leitura analítica do artigo, podemos notar que ele aborda o conceito de energia de acordo com sua natureza, fazendo observações importantes, principalmente na realização da proposta de ensino com foco em desconstruir algumas concepções espontâneas. Notamos essa preocupação do bolsista que estavam desenvolvendo a atividade no trecho a seguir:

Na aula seguinte, inesperadamente o conceito de *impetus* se mostrou ainda mais arraigado nos discursos e a discussão sobre o experimento pareceu extremamente significativa para os alunos. À princípio, estávamos decididos a simplesmente apresentar as fórmulas de energia e seguir adiante. Perdemos

o rumo. Ou melhor, deixamo-nos perder o rumo, pois entendemos que forçar a atividade no caminho planejado não seria a melhor opção para o processo de alfabetização científica dos alunos. (PARMA, BRUGNAGO, BELLUCCO, 2018, p.110)

Após notarem isso, o bolsista discute com os alunos o desenvolvimento histórico de questões que envolvem a energia, a fim de desconstruir a concepção de *impetus* do conceito em questão.

O artigo “Proposta didática para o Ensino de Ciências da natureza com foco na unidade temática matéria e energia” é uma proposta metodológica para o ensino da Unidade Temática Matéria e Energia no contexto de Ciências da Natureza de uma forma que articule o conhecimento da Física, Química e Biologia, utilizando os conceitos de mapa conceitual de acordo com as propostas da BNCC. O artigo tem foco principal na utilização dos mapas conceituais como instrumento nas aulas, portanto não faz nenhuma abordagem em como definir o conceito de energia.

O artigo “Mapas conceituais como instrumento de avaliação na construção de conceitos sobre energia com alunos do ensino médio” tem como objetivo investigar o uso de mapas conceituais como um recurso possível para referenciar o processo de avaliação da aprendizagem em aulas de Física. Além disso, busca compreender como ocorre a atribuição de significados, particularmente sobre o conteúdo energia. Ao ser feita a leitura do artigo é notado que o artigo tem ênfase principal na análise do instrumento utilizado na aprendizagem que são os mapas conceituais, como o artigo anterior. Portanto, não é realizada a abordagem ao conceito de energia.

O artigo com título “Matéria escura e energia escura em atividades de divulgação científica” investiga atividades de Divulgação Científica envolvendo matéria escura e energia escura com intuito de avaliar como pode colaborar para o Ensino de Física. Portanto, os autores desenvolveram uma intervenção pedagógica de divulgação científica no ambiente escolar sobre astronomia, especificamente, matéria escura e energia escura. Como o objetivo principal é o ensino de temas de astronomia, não é realizada abordagem específica sobre o conceito de energia.

Artigos publicados em Qualis B2

Tabela 8 – Artigos encontrados nos periódicos Qualis B2

Objeto de Discussão	Natureza	Função	Total
CTSA	0	5	5
Experimentação	0	1	1

História da Ciência	3	0	3
Formação de professores	1	0	1
Linguagem	1	0	1
Livros didáticos	4	0	4
Total	9	6	15

Fonte: A autora

Análise dos artigos publicados em Qualis B2

Na Qualis B2 foram encontrados 17 artigos, porém 2 deles não abordavam o conceito de energia, então ficamos com um total de 15 artigos. Na leitura geral, 9 artigos foram identificados como trabalhos que apresentam a natureza do conceito de energia.

Tabela 9 – Artigos que tratam da natureza do conceito Qualis B2

Título do artigo	Autor	Periódico	Ano Volume Número	Objeto de discussão
Equivalente mecânico do calor: Aprimorando um calorímetro elétrico	AZEVEDO, J. S. JÚNIOR, F. N. M.	A física na Escola	2018 v. 16 n. 1	História da Ciência
As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e transformações sociais	SILVA, A. P. B.; PINTO, I. K. L. S.	A física na Escola	2019 v. 17 n. 2	História da Ciência
O Contrato Didático em aulas de Energia no Ensino da Química e da Física	SOUZA, L. O.; NETO, J. E. S.; LIMA, A. P. A. B.	ACTIO	2017 v. 2 n. 3	Formação de professores
O conceito de conservação de energia em livros didáticos (Uma análise histórico-didática)	CORREIA, J. J.; ORTOGOZA, L. V. J.	Rev. Binacional Brasil	2015 v. 4 n. 2	Livro didático
A definição de energia interna e o enunciado da primeira lei da termodinâmica nos livros didáticos	CORREIA, J. J.; OLIVEIRA, W. C.	Rev. Binacional Brasil	2018 v. 7 n. 2	Livro didático
A definição de entalpia em livros didáticos	CORREIA, J. J.; OLIVEIRA, W. C.	Rev. Binacional Brasil	2019 v. 8 n. 1	Livro didático
Definição da energia livre de Helmholtz em fontes didáticas	CORREIA, J. J.; OLIVEIRA, W. C.	Rev. Binacional Brasil	2019 v. 8 n. 2	Livro didático
Representações de energia que circulam na mídia e sua natureza no contexto da educação em ciências	OLIVEIRA, C. I. C.; MACHADO, M. A. D; SOUZA, G. G.	Inter Ação	2015 v. 40 n. 1	Linguagem

Matéria escura, energia escura e história da ciência na educação científica	TEIXEIRA, R. R. P.; SOUZA, D. C. P.	ACTIO	2022 v. 7 n. 2	História da Ciência
---	--	-------	----------------------	------------------------

Fonte: A autora

O artigo “Equivalente mecânico do calor: Aprimorando um calorímetro elétrico para obtenção da relação entre calor e trabalho” tem como objetivo descrever o aprimoramento de um calorímetro elétrico, para que se encontre a relação calor trabalho que foi estabelecida por Joule. Na análise realizada, percebe-se que os autores tratam da energia apenas nos cálculos necessários, porém em nenhum momento faz uma abordagem conceitual.

O artigo “As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e transformações sociais” tem como objetivo apresentar o trabalho de Sadi Carnot sobre as máquinas térmicas sob algumas perspectivas. Portanto, é um artigo histórico que busca abordar a vida e contribuições de Carnot, destacando a importância de compreender não somente o conteúdo conceitual em si, mas também todas as implicações que ele envolve. No entanto, pode-se notar que no artigo não é realizada nenhuma abordagem conceitual específica a respeito da energia.

O artigo “O Contrato Didático em aulas de Energia no Ensino da Química e da Física” tem como objetivo analisar o contrato didático por meio das interações que aconteceram no último momento de uma intervenção didática que teve a finalidade de investigar os modos de pensar o conceito de energia. Nas questões apresentadas aos alunos, é pedido para eles definirem energia de acordo com sua natureza, dentro disso acontecem algumas discussões interessantes a respeito da dificuldade em definir a energia. Podemos observar no trecho a seguir dos questionamentos entre professor e aluno:

P – Conceituar... é difícil definir também, né, energia?

LQ1.3 – É uma coisa tão abrangente que em todos os fenômenos que acontecem tem a energia, só que como falado, um determinado tipo de energia diferente. Então, pra pegar uma energia e desenhar: é isso, é aquilo... eu acho uma coisa muito complexa pra dar esse conceito. (SOUZA, NETO & LIMA, 2017, p. 12)

Porém, na leitura, percebe-se que o foco principal do artigo é analisar os aspectos e efeitos do contrato didático, mas podem ser observadas discussões sobre a natureza do conceito de energia. Em nenhum momento os autores realizam uma abordagem focando nisso.

O artigo “O conceito de conservação de energia em livros didáticos (uma análise histórico-didática)” é uma análise de livros didáticos que foi realizada no Brasil e na Argentina sobre o Princípio de Conservação da Energia. Os autores fazem essa pesquisa pois,

[...] a maioria dos livros analisados faz uma abordagem quantitativa do Princípio de Conservação da Energia e que, apesar dos avanços tecnológicos, em todas as vias de informação, detecta-se pobreza de abordagem fenomenológica nos princípios da Física. (CORREIA, ORTIGOZA, 2015, p.95)

De acordo com a análise feita nos livros destacados no artigo, os autores concluem que a forma que o Princípio de Conservação da Energia é tratado tem bastante ligação com o ano de publicação dos livros. Além disso, é necessária uma melhor abordagem histórica. Também é destacado que o Princípio de Conservação da Energia não foi discutido com a clareza necessária pela maioria dos livros analisados. Portanto, observa-se que este artigo apresenta um cuidado epistemológico e histórico ao conceito de energia.

O artigo “Definição de energia interna e o enunciado da primeira lei da termodinâmica nos livros didáticos” se trata de uma análise da definição de energia interna e primeira lei da termodinâmica nos livros didáticos. Na introdução, é explicado sobre a natureza da energia destacando que sobre o conceito atualmente “pode-se postular que há uma grandeza nos sistemas isolados que pode assumir diferentes formas, mas sempre é conservada.” (CORREIA, ORTIGOZA, 2018, p.195). Ao longo do artigo são apresentadas as análises de diversos livros didáticos e é observado que os autores do artigo apresentam um cuidado com o conceito da energia, destacando sua natureza.

O artigo “A definição de Entalpia em livros didáticos” também é uma análise de livros didáticos produzidos pelo mesmo autor dos artigos anteriores. Na análise realizada os autores concluem que nenhum dos livros apresenta uma interpretação física precisa para Entalpia e por mais que os livros tenham tentado definir o conceito, é observado que tais explicações não foram suficientes para que um estudante tenha um entendimento completo do que venha a ser Entalpia. Sobre o conceito de energia, por mais que tenha relação com o tema do artigo, não é o foco principal. Porém, quando abordado o conceito, os autores tiveram um cuidado para não ser definido de maneira equivocada.

O artigo “Definição de energia livre de Helmholtz em fontes didáticas” é produzido pelo mesmo autor dos artigos anteriores que trazem análise aos livros didáticos, nesse artigo o foco é a energia livre de Helmholtz. Ao longo do artigo são apresentadas definições desse conceito e as análises realizadas. Portanto, não existe nenhum foco na epistemologia do conceito de energia em si.

O artigo “Representações de energia que circulam na mídia e sua natureza no contexto da educação em ciências” inicia abordando a importância da energia no contexto de vida e desenvolvimento tecnocientífico. É destacado que ao ler algumas pesquisas sobre o conceito, surgiram algumas interrogações sobre o significado dele, pois existe um distanciamento do sentido presente em propagandas, por exemplo, do conceito científico. É importante destacar esse problema, pois as representações consolidam imagens que são levadas para o espaço escolar. Então, para a pesquisa foi delimitado algumas propagandas de gênero alimentício e outro de agências de energia brasileiras. Logo após, foram escolhidas as propagandas consideradas mais representativas. É separado um tópico para definição do conceito da energia e realizada uma abordagem histórica começando da revolução industrial onde não era utilizado o termo energia e sim “força” ou *vis viva*. Apenas por meio de demonstrações matemáticas da primeira Lei da termodinâmica foi que a energia teve significado. Os autores explicam que quando esses conceitos foram se fortalecendo, começou a ser envolvido o senso comum e isso contribuiu para passar a ideia que a energia é algo concreto e um produto no mercado. Sobre o ensino de física na educação básica é afirmado que “Nesse momento, a energia (algo imaterial) é materializada e comparada à água, ou seja, a algo finito, afastando-se, completamente, de sua característica básica – a conservação.” (OLIVEIRA, MACHADO; SOUSA, 2015, p.157). Na análise das propagandas os autores percebem que existe uma associação do conceito de energia com o conceito de força e eletricidade de uma forma que fortalece concepções espontâneas. Portanto, pode-se afirmar que esse artigo tem uma abordagem de acordo com a natureza do conceito de energia, pois trata da definição de acordo com a história e aborda os erros que acontecem nas definições.

O artigo “Matéria escura, energia escura e história da ciência na educação científica”, busca investigar a evolução histórica dos conceitos de matéria escura e energia. Portanto, ao longo do trabalho é apresentada a construção histórica dos conceitos desde o início da terceira década do século XXI. Logo, ao realizar a leitura

é notado que por mais que o conceito de energia esteja envolvido, não é o foco da pesquisa.

Artigos publicados em Qualis B3

Tabela 10 – Artigos encontrados nos periódicos Qualis B3

Objeto de Discussão	Natureza	Função	Total
Aprendizagem	0	1	1
Livro didático	1	0	1
Total	1	1	2

Fonte: A autora

Análise dos artigos publicados em Qualis B3

Na Qualis B3 foram encontrados 3 artigos, porém um deles não citava o conceito de energia. Na leitura geral, apenas um artigo foi destacado como um trabalho que apresenta a natureza do conceito de energia.

Tabela 11 – Artigos que tratam da natureza do conceito Qualis B3

Título do artigo	Autor	Periódico	Ano Volume Número	Objeto de discussão
Energia: um conceito presente nos livros didáticos de física, biologia e química do ensino médio	NONENMACHER, S.; ARAÚJO, M. C. P.	Poésis	2009 v. 2 n. 1	Livro didático

Fonte: A autora

No artigo intitulado “Energia: um conceito presente nos livros didáticos de física, biologia e química do ensino médio” é realizada uma análise da definição de energia em livros didáticos de ciência do ensino médio. Inicialmente, é destacado sobre os problemas da aprendizagem do conceito de energia, que acaba gerando concepções prévias e também dos erros conceituais que acontecem frequentemente. Dentro dessas questões, é percebido que os livros didáticos não reforçam o conceito de energia de maneira que relacione a natureza do conceito, por isso é feita a análise dos livros. Após a análise realizada, as autoras concluíram que as representações do conceito de energia são intercomplementares e inter-relacionais, e poderiam ser abordadas de maneira mais consistente rompendo com a visão fragmentada e incompleta. Além disso, elas afirmam que é preciso estratégias que superem o pensamento utilitarista do conceito. Então, notamos que o artigo trata de energia de

maneira que demonstra um entendimento do conceito de acordo com sua natureza. Pois, explica as dificuldades conceituais que cercam o conceito de energia e na sua conclusão destaca que para minimizar a forma inadequada que o conceito é tratado nos livros didáticos seria superando o pensamento utilitarista, portanto, tratando de maneira epistemológica.

Artigos publicados em Qualis B4

Tabela 12 – Artigos encontrados nos periódicos Qualis B4

Objeto de Discussão	Natureza	Função	Total
CTSA	0	8	8
Formação de professores	0	1	1
História da Ciência	1	1	1
Tópicos diversos	0	2	2
Total	1	12	13

Fonte: A autora

Análise do artigo publicado em Qualis B4

Na leitura dos artigos destacados da Qualis B4 foi notado que apenas 1 dos 12 artigos separados apresenta inclinação para a natureza do conceito.

Tabela 13 – Artigos que tratam da natureza do conceito Qualis B4

Título do artigo	Autor	Periódico	Ano Volume Número	Objeto de discussão
Sobre a evolução do conceito de calor e energia térmica	GONTIJO, L. M. A; RODRIGUES, C. G.	História da Ciência e Ensino	2021 v. 24 n. 1	História do Ensino de Física

Fonte: A autora

O artigo “Sobre a evolução do conceito de calor e energia térmica”, tem como foco apresentar a construção histórica do conceito de calor e termodinâmica. Ao realizar a leitura do artigo é notado que não existe um foco no conceito de energia, pois ele é abordado de maneira relacionada ao desenvolvimento do conceito de termodinâmica. Porém, em alguns trechos são abordados alguns aspectos históricos da natureza do conceito de energia, como no trecho seguinte:

Em 1843, analisando o atrito entre diferentes materiais, o engenheiro civil e físico dinamarquês Ludwig August Colding, Fig. 28(a), concluiu que: “em todos os fenômenos naturais só se troca a forma de energia”. Este enunciado pode

ser considerado um conceito inicial da “Lei da Conservação da Energia”. (GONTIJO e RODRIGUES, 2021, p. 40)

Então, percebemos que existe um cuidado na abordagem do conceito, por mais que não seja o foco principal do trabalho.

Artigos publicados em Qualis B5

Tabela 14 – Artigos encontrados nos periódicos Qualis B5

Objeto de Discussão	Natureza	Função	Total
Aprendizagem	0	1	1
CTSA	0	8	8
Experimentação	0	11	11
Formação de professores	0	1	1
Proposta de ensino	0	1	1
Total	0	22	22

Fonte: A autora

A Qualis B5 também não apresenta nenhum artigo onde os autores destacam aspectos epistemológicos ou a natureza do conceito de energia.

Na Qualis C não foi encontrado nenhum artigo que interessava para o projeto, na revisão não havia nenhum artigo que tratava como assunto principal a energia ou conceitos da termodinâmica.

Portanto, com essa análise específica dos artigos que tratavam o conceito de energia em todos os estratos Qualis, é notado que são poucos os que trazem aspectos da natureza do conceito. Além disso, por mais que alguns abordem que o conceito de energia é abstrato e complexo, parecem não considerar tal abordagem ao longo do trabalho. Então, acaba fortalecendo ainda mais concepções espontâneas dos alunos a respeito do conceito.

Logo, diante do que foi apresentado até agora, pode-se pensar que se os próprios pesquisadores da área não se atentam à complexidade do conceito, deixando de lado aspectos da sua natureza, como será que aparece nos livros didáticos?

CAPÍTULO 4 - REFERENCIAL TEÓRICO

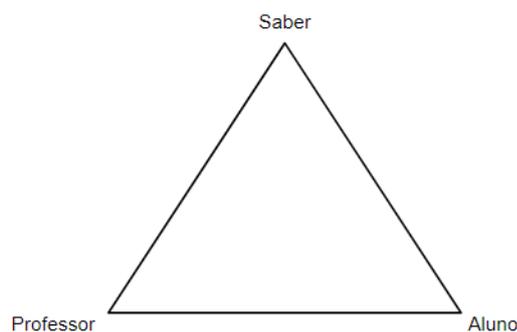
Foram utilizados dois referenciais para a análise dos livros didáticos: A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático. A intenção para a primeira, é analisar a distância que existe entre o saber desenvolvido pelos cientistas (saber sábio) e o saber presente nos materiais didáticos (saber a ensinar); já com a segunda, esperamos analisar a organização praxeológica das tarefas presentes nos livros didáticos. Ao longo deste capítulo serão apresentadas as definições e características principais de cada uma delas.

4.1. A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A Teoria da Transposição Didática foi desenvolvida inicialmente por Michel Verret, em 1975, porém, em 1982 Yves Chevallard retoma a ideia, tornando-a uma teoria para investigar aspectos da epistemologia (BROCKINGTON, 2005). Esse desenvolvimento aconteceu na área da matemática, mas atualmente se estende entre diversas áreas, inclusive a física. Isso pode ser observado nos trabalhos de Krapas (2011), Sobrinho (2014), Silva e Junior (2022) e Nunes, Queirós e Cunha (2022).

Para entender a teoria é importante conhecer o espaço e os agentes que atuam nela. Chevallard (1991) define o espaço onde ela acontece como sistema didático, que é composto por uma relação ternária, chamada de relação didática, composta por professor, aluno e saber (Figura 1).

Figura 1 - Sistema didático



Fonte: A autora (Adaptado de Chevallard, 1991, p. 26)

A respeito do saber, é importante destacar que existem três saberes distintos entre si: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado. De acordo com Thiara et al. (2022, p.1308-2), elaboramos a tabela abaixo com as definições e fontes de cada um dos três saberes.

Quadro 2 – Os três saberes

Saberes	Definição	Fontes
Saber Sábio	Saber de origem, desenvolvido pelos cientistas.	Fontes primárias.
Saber a Ensinar	Saber modificado para que seja apresentado na escola de forma “ensinável”.	Livros didáticos e materiais instrucionais.
Saber Ensinado	Saber que o professor ensina em sala de aula.	Ensino na classe de aula

Fonte: A autora (adaptado de Thiara et al, 2002, p. 1308-2)

Portanto, a transposição didática se refere aos passos do saber sábio ao saber ensinado e a distância eventual que os separa. Pois para que seja possível o ensino de certo elemento, ele deverá ter sofrido algumas transformações para estar apto a ser ensinado. Podemos verificar na figura 2 o esquema dessa transformação entre os saberes. As três esferas dos saberes e as setas indicam, respectivamente, a Transposição Didática Externa (T.E.), referente à transposição do Saber Sábio ao Saber a Ensinar e a Transposição Didática Interna (T.I.), referente à transposição do Saber a Ensinar ao Saber Ensinado.

Figura 2 – Transposição ocorrida entre os saberes

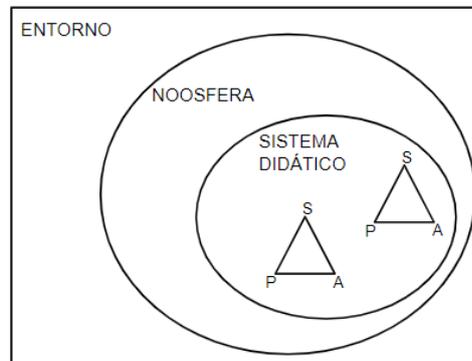
Fonte: A autora

Por mais que a transposição esteja centrada no sistema didático, é necessário entender o que ocorre em seu exterior, chamado por Chevallard (1991) de entorno. O entorno imediato do sistema didático é o sistema de ensino que reúne o conjunto de sistemas didáticos e tem ao seu lado um conjunto estruturado que permite o funcionamento didático e que intervém em seus diversos níveis. Já o sistema de ensino possui em seu entorno a sociedade. Como dito por Cordeiro e Peduzzi (2013, p. 2), Chevallard mostra que o processo de transposição vai além de simplificações do conteúdo, envolve direta ou indiretamente toda a comunidade ligada ao ensino.

Portanto, notamos que a estrutura do entorno é bastante complexa, dentro dele temos os pais, acadêmicos e o governo. Entre o entorno da sociedade e o sistema de ensino é onde estão localizados os principais acontecimentos para o funcionamento

didático, que são os problemas, conflitos, negociações e onde surgem também as soluções. Esse local é chamado por Chevallard (1991) de noosfera. Podemos visualizar melhor os espaços explicados acima na Figura 3.

Figura 3 - Espaço onde acontece a Teoria da Transposição Didática



Fonte: A autora (Adaptado de Chevallard, 1991, p. 28)

Como a transposição didática ocorre com o intuito de tornar o saber sábio ensinável, surge um problema quando ocorre o desinteresse por este saber [saber sábio], pois, o saber que chega no sistema não leva em conta a história e a epistemologia. Isso acaba gerando desgaste no saber, por causa das exigências que intervêm na preparação didática do saber e estão influenciando desde a construção do saber sábio.

No processo de textualização do saber para torná-lo escolarizável, Chevallard denomina algumas características: descontextualização, dessincretização, despersonalização, publicidade e programabilidade. A seguir apresento os aspectos principais de cada característica com base nas definições de Thiara et al (2022, p.3):

Descontextualização: o saber é desvinculado dos seus problemas de origem e passa a ser generalizado

Dessincretização: o saber perde aspectos relacionados à epistemologia da ciência e passa a ter aspectos relacionados à epistemologia escolar.

Despersonalização: o saber é desvinculado do cientista e da sua relação com o saber, sendo divulgado de uma forma universal, impessoal.

Publicidade e programabilidade: o saber é adequado aos professores, alunos e programas de ensino, se tornando compatível ao tempo escolar disponível.

Dessa forma, ao tornar o saber escolarizável, ele é retirado do seu nicho epistemológico, divulgado de forma impessoal, separado dos seus inúmeros autores

e afastado do seu contexto histórico. Sendo assim, a textualização do saber não será apenas uma simplificação do saber original, mas a criação de um novo saber .

Com intuito de nortear a transformação do saber, Alves Filho (2000) expõe as 5 regras da transposição didática. São elas

R1 - Modernizar o saber escolar: Novas teorias, modelos e interpretações científicas e tecnológicas forçam a inclusão desses novos conhecimentos nos programas de formação (graduação) de futuros profissionais.

R2 - Atualizar o saber a ensinar: saberes ou conhecimentos específicos, que de certa forma já se vulgarizaram ou banalizaram, podem ser descartados, abrindo espaço para introdução do novo, justificando a modernização dos currículos.

R3 - Articular saber “velho” com “saber” novo: a introdução de objetos de saber “novos” ocorre melhor se articulados com os antigos. O novo se apresenta como que esclarecendo melhor o conteúdo antigo, e o antigo hipotecando validade ao novo.

R4 - Transformar um saber em exercícios e problemas: o saber sábio, cuja formatação permite uma gama maior de exercícios, é aquele que, certamente, terá preferência frente a conteúdos menos “operacionalizáveis”. Essa talvez seja a regra mais importante, pois está diretamente relacionada com o processo de avaliação e controle da aprendizagem.

R5 - Tornar um conceito mais compreensível: conceitos e definições construídos no processo de produção de novos saberes elaborados, muitas vezes, com grau de complexidade significativo, necessitam sofrer uma transformação para que seu aprendizado seja facilitado no contexto escolar. (ALVES FILHO, 2000, p.52)

De acordo com essas regras e as características presentes no saber após a textualização, podemos comparar como os aspectos dos conteúdos presentes no contexto histórico são apresentados no contexto didático, identificando as regras cumpridas e o desgaste que existe no saber sábio. Portanto, pode ser colocado em prática a vigilância epistemológica, que possibilita que os agentes do sistema de ensino preservem a distância necessária entre o saber sábio e o saber escolar, garantindo que essa separação não cause erros conceituais ao objeto de saber (PEREIRA, PAIVA e FREITAS, 2016, p. 3).

A Teoria da Transposição Didática possibilita a análise epistemológica e análise didática (MENDES, 2017, p. 43), por meio dessa teoria conseguimos analisar o saber de origem e os materiais didáticos, além disso, toda influência social que o saber sofre. Porém, para melhor análise de materiais/livros didáticos, é interessante visualizar e analisar o material de maneira total, inclusive as tarefas presentes, que vão além do conceito, pois envolve a parte prática. Para isso, adentramos na Teoria Antropológica do Didático.

4.2. TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO

Para a análise dos livros didáticos e, em particular suas tarefas, valemo-nos da Teoria Antropológica do Didático, por possibilitar refletir o motivo e a justificativa do saber ao se tornar saber a ser ensinado (MENDES, 2017. p. 43). Para isso precisamos compreender quais são os conceitos básicos dessa teoria e como analisar através dela.

De acordo com Chevallard (1999), todo saber é saber de uma instituição, sendo instituição um coletivo de indivíduos que compartilham os mesmos hábitos e rotinas, portanto, a mesma organização praxeológica. Etimologicamente, o termo praxeologia deriva de duas palavras gregas, *práxis*, que significa o fazer, a prática e *logos*, que significa a parte teórica e lógica (MENDES, 2017, p.43). Logo, pode ser entendido que toda ação praticada por uma instituição possui uma explicação ou justificativa.

Como descrito por Silva et al (2020, p. 3), Chevallard (1992,1994) apresenta 4 postulados que definem a atividade humana, são eles

- P1 – toda atividade humana pode ser dividida em várias tarefas (t);
- P2 – uma tarefa de um determinado tipo (T), podendo ser matemática, química, física ou extradisciplinar, como abrir uma porta, etc., desde que seja uma rotina sua realização necessita da implementação de uma técnica específica (τ);
- P3 – uma técnica deve parecer compreensível e justificável para ser viável, além de ser apoiada por um discurso que a justifique, chamado de discurso tecnológico ou tecnologia da técnica (θ);
- P4 – a tecnologia de uma técnica deve parecer também compreensível e justificável, o que será chamada de teoria da tecnologia (Θ). (CHEVALLARD, 1992, apud SILVA et al, 2020, p. 3)

Portanto, a organização praxeológica consiste na realização de uma tarefa t de um determinado tipo T , por meio de uma técnica τ que é justificada por uma tecnologia θ , sendo ela sustentada por uma teoria Θ . Então, a tarefa é o problema em si, já o tipo de tarefa é o fazer coisas, a técnica é como é feita a tarefa, podendo existir mais de uma técnica para a mesma tarefa, a tecnologia é a explicação de como foi resolvido o problema e a teoria é a formalização dessa explicação.

Logo, a Teoria Antropológica do Didático oferece ferramentas necessárias para análise dos livros didáticos, pois como dito por Yamazaki, Angotti e Delizoicov (2017, p.10)

[...] ao verificar os tipos ou gêneros de tarefas presentes nos manuais de Física, as técnicas utilizadas para resolvê-los, e as tecnologias e teorias que as justificam, podemos visualizar a estrutura que mantém a tradição ensino de Física, permitindo responder às questões de pesquisa. (YAMAZAKI, ANGOTTI, DELIZOICOV, 2017, p. 10)

Analisando esse caminho da praxeologia, identificamos que como explicado por Chevallard, Bosh e Garcón (2001, p. 251), a atividade pode ser dividida em duas partes. A primeira parte seria o que é chamado de bloco prático-técnico que inclui o tipo de tarefa e a técnica, portanto, corresponde à prática, ao saber-fazer. Já a segunda parte, chamado de bloco tecnológico-teórico, composto da tecnologia e teoria, corresponde a lógica, a justificação do que foi feito.

Assim, verificando as tarefas presentes nos materiais didáticos, em conjunto com as técnicas para resolução, além das tecnologias e teorias que sustentam essa técnica, é possível identificar a estrutura que mantém a tradição do ensino de Física (YAMAZAKI, ANGOTTI, DELIZOICOV, 2017, p. 10). Logo, a Teoria Antropológica do Didático oferece ferramentas necessárias para análise dos livros didáticos, principalmente quando se refere aos seus exercícios.

CAPÍTULO 5 - SABER SÁBIO (HISTÓRIA DA ENERGIA MECÂNICA)

Com o objetivo foco em observar a transposição do conceito de energia mecânica e seu princípio de conservação, foi necessária a análise da construção histórica desse conceito para compará-lo com o saber a ser ensinado presente nos livros didáticos e notar os passos e a distância que existe entre ele e o saber sábio.

5.1. RAÍZES DO CONCEITO: ANTIGUIDADE E IDADE MÉDIA

Não é simples dizer quando começou a surgir o conceito de energia mecânica, mas podemos observar as raízes do conceito no livro VIII do tratado *Physica*, elaborado por Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), onde são apresentadas questões relacionadas ao movimento e às máquinas. Nesse trabalho ele destaca a ideia de conservação, que é a chave do conceito de energia. De acordo com McKeon (1930, p.356 apud Lindsay, 1976, p. 26) ele afirma que se uma coisa é o dobro da outra quando antes não era assim, uma ou outra delas, se não ambas, deve ter sido um processo de mudança. Logo, é possível notar o entendimento de que mesmo em meio a uma mudança de um movimento, existe um valor que se mantém o mesmo.

No livro *Mechanica*, obra Pseudo Aristotélica, é tratado a respeito do funcionamento das máquinas, em específico a balança e a alavanca. Nesse trabalho ele traz a ideia de proporção e compensação de grandezas nos movimentos. Essa mesma ideia é apresentada no trabalho sobre mecânica de Heron de Alexandria (10 d.C. – 70 d.C.). A percepção da compensação demonstra a ideia de que se ela existe é para manter uma quantidade constante.

Já no século 15, recorrente aos estudos a respeito de problemas mecânicos, surgem as discussões sobre o movimento perpétuo. Essa questão tem implicação direta ao conceito de energia, pois se o movimento perpétuo existisse, significaria que o movimento persistiria mesmo que a energia mecânica do sistema fosse dissipada sem receber qualquer outro tipo de energia para suprimir a perda.

Um dos autores que escreve sobre o movimento perpétuo é o Leonardo Da Vinci (1452 - 1519). O autor MacCurdy (1941, p.802 apud Lindsay, 1976, p.72) apresenta um dos trabalhos de Da Vinci, onde ele explica duas prováveis formas de produzir o movimento perpétuo, mas enfatiza que é impossível esse tipo de movimento existir. Um dos métodos descritos é o de uma roda equiparada com pesos pendurados, onde explica que os pesos não são suficientes para que o movimento da roda permaneça. Além disso, de acordo com Da Vinci, se a roda recebesse mais

pesos, o peso geral seria aumentado e isso iria gerar uma diminuição na proporção da percussão. Logo, é notado que ele entende que é necessário que algo se mantenha constante.

As ideias de Da Vinci sobre o movimento perpétuo influenciaram Jerome Cardan (1501-1576) e Simon Stevin (1548-1620). Cardan na sua obra *De Subtilitate*, também reafirma a impossibilidade desse tipo de movimento. Por mais que não apresente observações conclusivas, ele demonstra a consistência da improbabilidade de conseguir algo em troca de nada, ele entende que era necessária uma fonte. De acordo com Leiden (1663, p.625 apud Lindsay, 1976, p.74) ele destaca que a continuidade do movimento vem daquilo que está de acordo com a natureza, ou não é uniforme. Aquilo que sempre diminui a menos que seja continuamente renovado não pode ser perpétuo. Portanto, notamos aí a base para o conceito de conservação e transferência de energia. Já o cientista Simon Stevin, de acordo com Magie (1935, p.23 apud Lindsay, 1976, p.75) desenvolve a derivação da lei do plano inclinado, deixando de lado a ênfase Aristotélica e entendendo a impossibilidade do movimento perpétuo.

5.2. SÉCULO XV ao XVIII

5.2.1. Algumas contribuições de Galileu Galilei (1564-1642)

Nas ideias de Galileu Galilei também é possível identificar vestígios da ideia de energia. No seu *trabalho On Motion and on Mechanics*, ele deixa claro sua compreensão completa da característica essencial de qualquer máquina, o princípio da compensação, portanto, o que se ganha em força perde-se em velocidade. Essa compreensão fica clara quando ele afirma que

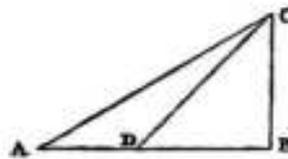
[...] quem espera e tenta por meio de máquinas obter o mesmo efeito sem diminuir a velocidade do corpo móvel certamente se enganará e demonstrará que não compreende a natureza dos instrumentos mecânicos e as razões de seus efeitos. (Galilei, 1960, p.159, apud Lindsay 1976, p.88)

Logo, vemos presente nesse trabalho primórdios do conceito de energia, já que na ideia de compensação existe um resquício que podemos considerar o início da ideia de conservação e transformação de energia.

Além desse trabalho, podemos analisar o exemplo de constância encontrado por Galileu no seu livro conhecido como *Discorsi*, publicado em 1638. O autor,

buscando identificar que a velocidade de uma bola caindo livremente sob a gravidade depende apenas da altura de onde ela cai, se convenceu que no momento de queda algo permanece constante. Ele apresenta esse enunciado através da figura 4, onde considerando o lado CB, perpendicular ao lado AB, como a altura do plano inclinado e desprezando-se quaisquer resistências, afirma que uma bola pesada e perfeitamente redonda descendo ao longo das linhas CA, CD e CB alcançaria os pontos A, D e B com ímpetos iguais (GOMES, 2015, p. 418).

Figura 4 – Desenho utilizado por Galileu para explicar a velocidade de um corpo em um plano inclinado.



Fonte: GALILEI (1939, p. 170)

Com a sequência de suas explicações de forma empírica, é possível comprovar que Galileu possuía uma noção intuitiva sobre a compensação. Isso indica as ideias iniciais a respeito do princípio fundamental relacionado ao conceito de energia mecânica, sua conservação.

5.2.2. Algumas contribuições de Descartes (1596 – 1650)

Seguindo para Descartes, observamos a importância das suas discussões para o desenvolvimento do conceito de energia mecânica. Analisamos um pequeno trecho da obra *Princípios de Filosofia* e percebemos a constatação e as observações a respeito da conservação da quantidade de movimento.

Ao longo do trecho, de acordo com Magie (1935, p. 51 apud Lindsay, 1976, p. 97) Descartes afirma que na natureza do movimento existe uma quantidade de movimento que nunca muda, nunca aumenta nem diminui. Ele afirma que um material pode conservar continuamente uma quantidade igual de movimento. Porém, atribui esse fenômeno a Deus, explicando que por esse ser imutável, isso é expresso na natureza. Podemos observar isso quando ele afirma que

Como Deus não está sujeito a mudanças, agindo sempre da mesma maneira, podemos chegar ao conhecimento de certas regras a que chamo as leis da Natureza, e que são as causas segundas, particulares, dos diversos

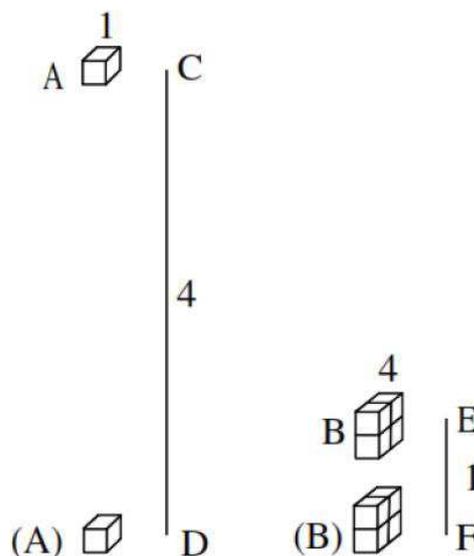
movimentos que observamos em todos os corpos [e daí a importância dessas leis]. (DESCARTES, 1997, p. 76)

Portanto, é interessante destacar que a importância dessas ideias de Descartes é sua ênfase na conservação. Por mais que ele não entendesse a razão dessa constância e atribuísse essa questão para um ser divino, essas constatações levantam questões importantes para o entendimento da ideia de conservação de energia.

5.2.3. Algumas contribuições de Leibniz (1646-1716)

Logo após, podemos destacar um dos principais autores para o desenvolvimento do conceito em questão, Leibniz. Em 1686 foi publicado o trabalho *Acta Eruditorum* onde Leibniz contesta as ideias de Descartes, informando que Descartes considerava a força de movimento (intitulada *vis motrix*) igual à quantidade de movimento (produto da massa do corpo pela velocidade), sendo essas grandezas conservadas por Deus. Para comprovar que essa ideia estava errada, Leibniz apresentou uma série de exemplos de proporção e compensação.

Figura 5 – Demonstração de exemplo de Leibniz



Fonte: Fazio (2021, p. 114)

De acordo com a figura acima, comparando o movimento de um corpo de 1 libra e um outro corpo de 4 libras caindo, ele percebe que a força de movimento será igual nas duas situações, porém, a quantidade de movimento do primeiro corpo é apenas a metade da quantidade de movimento do segundo corpo. Assim, ao chegar

nos pontos D e F, os corpos terão a mesma força, porém, quantidade de movimentos diferentes. Com isso, ele vai contra a ideia apresentada por Descartes. É importante destacar que a ideia de força tratada nessa situação, é diferente da ideia de força presente na contemporaneidade.

No artigo conhecido como *Specimen dynamicum* publicado em 1695, Leibniz escreve a respeito da natureza das forças. Explica que a força é dupla em caráter, sendo composta pela força morta (*vis mortua*), que seria apenas a instigação do movimento e pela força viva (*vis viva*), que seria a força associada ao movimento real. Atualmente, conseguimos relacionar essas nomenclaturas com termos reconhecidos, assim a *vis mortua* seria uma ideia próxima ao conceito energia potencial e a *vis viva*, uma ideia próxima ao conceito de energia cinética. Além disso, sobre o final desse artigo, Lindsay (1975, p. 122) afirma que o autor enfatiza a dependência entre a *vis viva* e " mv^2 ". (Equação 1)

5.2.4. Algumas contribuições de Johan Bernoulli (1667 – 1748) e D'Alembert (1717 – 1783): controvérsias sobre a *vis viva*

Nessa construção histórica podemos citar Johan Bernoulli que esteve presente na discussão iniciada por Leibniz ao se opor às ideias de Descartes. Nos capítulos V, IX e X do livro *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, de acordo com Bernoulli (1724 apud Lindsay, 1976, p.123) ele demonstra a intenção de determinar a verdadeira medida de *vis viva*, explicando a natureza e as propriedades dessa força.

No capítulo V, ele destaca as diferenças entre *vis mortua* e *vis viva*, sendo *vis mortua* apenas um esforço que não possui muita duração e a *vis viva* um movimento local real, portanto, a ideia presente no princípio de Leibniz. Para essa explicação são utilizados alguns exemplos, como o de uma mola que quando esticada possui a capacidade de voltar novamente no mesmo grau que tinha originalmente, destacando a conservação das forças dos corpos em movimento. É interessante destacar, que sempre nos exemplos, existe a presença de um objeto com contato forçando o movimento. Essa ideia pode ser resquícios das ideias de Aristóteles a respeito do movimento.

Neste trabalho, Bernoulli justifica sua pesquisa informando a respeito das discussões filosóficas que persistiam na época, por causa do confronto das ideias de

Descartes e de Leibniz. Assim, ele se dedica às ideias de Leibniz, já que suas primeiras ideias não eram claras e fez com que surgissem vários críticos. Dessa forma, Bernoulli (1724 apud Lindsay, 1976, p.132) apresenta a prova de que um corpo tem precisamente a velocidade necessária para dobrar uma mola, contra a qual bate perpendicularmente, o mesmo corpo com o dobro da velocidade pode dobrar não duas, mas quatro molas iguais à primeira; com uma velocidade três vezes maior, poderá dobrar nove molas; e assim por diante. Concluindo, enfim, que a *vis viva* de um corpo é proporcional ao quadrado da velocidade e não à própria velocidade.

D'Alembert também contribuiu para o desenvolvimento do conceito. De acordo com Magie (1935, p.55 apud Lindsay, 1976, p.135) ele afirma em seu trabalho *Traité de Dynamique* publicado em 1743 que a discussão entre Leibniz e Descartes não tem importância, seria uma mera discussão sobre palavras. Ele inicia destacando que os princípios de mecânica devem ser extraídos de um movimento que percorre certa distância em determinado tempo. Portanto, ele se detém a se afastar das causas do movimento e considerar apenas os movimentos que ela produz, deixando de lado a questão da *vis viva*, considerada por ele famosa, porém, inútil para a mecânica.

De acordo com D'Alembert, o movimento só ocorre por meio de obstáculos, sendo eles os obstáculos impenetráveis, os que têm precisamente a resistência e o que destrói o movimento aos poucos. Desenvolvendo sua ideia, a força é igual a quantidade de movimento apenas em casos de equilíbrio. Já no movimento retardado o número de obstáculos superados é proporcional ao quadrado da velocidade. Ele também afirma que aqueles que disseram que a força é ora proporcional à velocidade, ora ao seu quadrado, só podem estar falando do efeito que se expressam.

5.2.5. Algumas contribuições de Euler (1707 – 1783)

Dando continuidade ao desenvolvimento do conceito de energia mecânica, observamos a obra *Recherches sur l'origine des forces* de Leonard Euler. Ele se detém a estudar problemas de colisão de partículas, enfatizando que as forças são entidades que agem de fora sobre os corpos e deduzindo de forma analítica a lei da conservação do momento e a equação de energia. Porém, é interessante destacar que Euler não utiliza nenhuma dessas terminologias e não faz referência à discussão de Descartes e Leibniz.

Portanto, Euler de acordo com a tradução de Lindsay (1976) utilizando um exemplo de colisão linear analisa os momentos antes, no instante e após a colisão. Ele utiliza a segunda lei de Newton de forma diferencial para descobrir a magnitude da força, que agindo sobre os corpos no instante dt , reduz a distância de seus diâmetros. Além disso, ele chega a seguinte equação utilizando como base a figura 6 sendo A e B os corpos antes do impacto, v e u a velocidade após o impacto e b a velocidade antes do impacto.

Figura 6 – Colisão entre duas partículas



Fonte: Lindsay (1976, p. 139)

Portanto, a colisão da figura 6 é representada por Euler através da seguinte equação:

$$Av + Bu = Aa + Bb \text{ (Equação 2)}$$

Com isso, Euler afirma que uma propriedade geral de casos de colisões é o movimento do centro de gravidade comum não ser alterado pela ação do impacto dos corpos. Entendemos atualmente que essa afirmação é a explicação da conservação da quantidade de momento, porém, em nenhum momento o autor utiliza essa nomenclatura.

Além disso, integrando as equações diferenciais é possível deduzir analiticamente a *vis viva* do sistema de dois corpos. A equação demonstra que a mudança da energia cinética é igual ao trabalho realizado na colisão, se no instante do impacto $z=0$, $v=a$, e $u=b$ é possível escrever a equação 3.

$$Avv + Buu = Aaa + Bbb - 2 \int P dz \text{ (Equação 3)}$$

Por mais que Euler não fale a respeito da *vis viva*, com essa demonstração ele alcança uma etapa muito importante para o desenvolvimento do conceito de energia mecânica. É interessante destacar que o exemplo utilizado neste trabalho não enfatiza a questão do contato dos corpos, isso demonstra uma superação do pensamento aristotélico sobre a mecânica.

5.2.6. Algumas contribuições de Daniel Bernoulli (1700 – 1782)

Daniel Bernoulli, assim como seu pai, Johann Bernoulli, também foi adepto das ideias sobre *vis viva*. Ele através de seu trabalho publicado em 1748 para a Academia de Berlim estabelece a equação da energia para casos especiais do corpo em queda e para atração gravitacional da lei do quadrado inverso.

Inicialmente ele define a *vis viva* para um sistema com vários corpos, onde nenhum deles se move independente dos outros e cada um está sujeito a uma gravidade. Sendo as massas m, m', m'' , e assim por diante, e as velocidades v, v', v'' , e assim por diante. Se consideramos um único corpo como independente do sistema, quando ele estiver livre a velocidade será u, u', u'' , e assim por diante. Então a conservação da *vis viva* será

$$mv^2 + m'v'^2 + \dots = mu^2 + mu'^2 + \dots \text{ (Equação 4)}$$

Em outro exemplo, para gravidade uniforme e paralela, o quadrado da velocidade será proporcional ao deslocamento, então haverá uma conservação da *vis viva* em relação à altura da queda. Com isso tendo os corpos massas m, m', m'' , e assim por diante e as distâncias x, x', x'' e assim por diante, observamos que

$$u^2 = 2x, u'^2 = 2x', u''^2 = 2x'', \dots \text{ (Equação 5)}$$

Assim, podemos chegar a equação da conservação da *vis viva*

$$mv^2 + m'v'^2 + m''v''^2 + \dots = 2mx + 2m'x' + 2m''x'' + \dots \text{ (Equação 6)}$$

Portanto, Daniel Bernoulli fica impressionado em como a lei da conservação da *vis viva* pode ser aplicada em diversas situações. Além disso, conseguimos verificar que de forma completamente analítica ele consegue demonstrar a conservação desse conceito.

5.2.7. Algumas contribuições de Thomas Young (1773 – 1829)

Thomas Young teve uma contribuição importante em relação ao conceito de energia, pois em sua oitava palestra onde discutia a respeito de colisões é sugerido o uso da palavra energia para definir a *vis viva*.

Em sua palestra Young explica como se comportam a força, velocidade e centro de inércia, em casos de colisão com corpos elásticos e inelásticos. Partindo

dessas discussões ele afirma que em casos de colisões a soma dos momentos de todos os corpos do sistema, isto é, de suas massas ou pesos multiplicados por os números que expressam suas velocidades, é o mesmo, quando reduzido à mesma direção, após sua colisão mútua, como era antes de sua colisão. (YOUNG, 1845, p.59 apud LINDSAY, 1975, p.160)

Seguindo isso, ele sugere que o termo de energia poderia ser aplicado para definir o produto da massa de um corpo pelo quadrado da velocidade. Além disso, é explicado que na época esse produto era intitulado como força viva e alguns consideravam que seria o mesmo da quantidade de movimento, retornando a ideia da controvérsia da *vis viva* entre Descartes e Leibniz. Porém, de acordo com Young, essa força merece uma denominação diferente. Podemos observar essas afirmações em um trecho da sua palestra,

O termo energia pode ser aplicado, com grande propriedade, ao produto da massa ou peso de um corpo pelo quadrado do número que exprime sua velocidade. Assim, se um peso de uma unidade se move com a velocidade de um pé em um segundo, podemos chamar sua energia; se um segundo corpo de duas onças tem uma velocidade de três pés em um segundo, sua energia será duas vezes o quadrado de três, ou 18. Este produto tem sido denominado força viva ou ascendente (a *vis viva*), pois a altura da ascensão vertical do corpo é proporcional a ela; e alguns a consideraram como a verdadeira medida da quantidade de movimento; mas, embora essa opinião tenha sido universalmente rejeitada, a força assim estimada merece uma denominação distinta. (YOUNG, 1874, p. 59 apud LINDSAY, 1975, p. 160, tradução nossa)

A sugestão que Young traz é o que definimos hoje como energia cinética, já que existem vários tipos de energia. Também, é interessante destacar que o uso do termo energia não teve impacto no uso até o século XIX, mesmo assim sua contribuição é inquestionável no âmbito da construção do conceito de energia.

5.2.8. Algumas contribuições de Lazaret Carnot (1752 – 1823)

Lazaret Carnot, pai do conhecido Sadi Carnot e aluno de D'Alembert, destacou importantes aspectos relacionados a *vis viva* no contexto das máquinas. Ao analisar a mecânica, com objetivo de descobrir como o movimento iniciado é mantido, propagado e modificado, ele consegue relacionar a *vis viva* com o trabalho. Sendo a *vis viva* o produto da massa pela velocidade ao quadro e o trabalho, a capacidade de deslocar um peso em certo momento.

Portanto, sendo a massa M , o peso P , a altura H , as velocidades V e V' , além disso, dt o elemento tempo e T o tempo, Carnot chega a seguinte equação

$$PH = \frac{MVV'T}{dt} \quad (\text{Equação 7})$$

Logo, sendo dt e T quantidades homogêneas, PH será equivalente ao produto da massa multiplicado pelo produto de duas velocidades ou o quadrado da velocidade média entre V e V' , que podemos chamar de u^2 (CARNOT, 1803 apud LINDSAY, 1975, p. 164). Com isso é obtido

$$PH = Mu^2 \quad (\text{Equação 8})$$

Dessa forma, Carnot (1803, p.37) consegue alcançar um novo passo em relação à construção do conceito, pois trabalha e relaciona as quantidades atualmente conhecidas como trabalho e energia cinética, mas anteriormente conhecida como *vis viva* e momento de ação. Além disso, esse exemplo é uma aplicação do princípio de conservação da *vis viva*, já que mesmo variando as quantidades como força, velocidade e tempo, o trabalho e a energia jamais ultrapassará MPH (OLIVEIRA, 2006, p. 161).

5.2.9. Algumas contribuições de Lagrange (1736 – 1813)

Lagrange também apresenta importante contribuição em relação à formalização da conservação da energia mecânica. Pois, para completar a solução de um problema no movimento de um sistema de partículas através do princípio de menor ação, era necessário um outro princípio. Portanto, o autor utilizou a equação de energia formada por Daniel Bernoulli, chegando à equação que expressa a conservação da *vis viva*.

$$S = \left\{ \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 + 2\pi \right\} m = 2H \quad (\text{Equação 9})$$

Sendo H constante, os três termos elevados ao quadrado a velocidade, vemos que a conservação da *vis viva* é igual a $2H - 2S\pi m$. Como afirmado por Carnot (1811 apud LINDSAY, 1975, p.169)

Assim, a *vis viva* do sistema é a cada instante a mesma que os corpos teriam adquirido, se sob a ação das mesmas forças, tivesse se movido livremente, cada um na curva que realmente segue. É isso que justifica dar o nome de

conservação da *vis viva* a essa propriedade do momento. (LAGRANGE, 1811 apud LINDSAY, 1975, p.169, tradução nossa)

Então, podemos destacar que Lagrange consegue realizar a primeira formalização analítica da equação da mecânica para um sistema de partículas. Pois, é possível identificar nessa equação o que chamamos atualmente de energia cinética e de energia potencial. (LINDSAY, 1975, p. 170)

CAPÍTULO 6 - TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA EXTERNA PARA O CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA

Sendo a transposição externa a passagem do saber sábio ao saber a ensinar, entendemos que neste local acontece a textualização do saber. Portanto, surge um novo saber com objetivo de didatizar o saber original. Entendendo a existência dessa modificação, Chevallard destaca a importância da prática pedagógica reflexiva e questionadora, enfatizando a necessidade do professor exercer a vigilância epistemológica. (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005, p. 4)

Para realizarmos essa análise a respeito do conceito de energia mecânica e seu princípio de conservação, serão apresentados nas tabelas abaixo as definições conceituais encontradas nos livros didáticos para o conceito de trabalho, energia mecânica, energia cinética, energia potencial e conservação de energia mecânica, respectivamente.

6.1. Tabelas de definições presentes nos livros didáticos

Tabela 15 - Definição de trabalho nos livros didáticos

Livro didático	Definição	Fórmula
Ciências da Natureza – Lopes e Rosso	“[...] definimos a grandeza denominada trabalho como a quantidade de energia mecânica transformada/transferida durante o movimento.” (CARNEVALLE, 2020, p. 12)	$T = F \cdot d$
Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Essa variação de energia cinética entre dois momentos do movimento de um corpo recebe o nome de trabalho.” (THOMPSON et al, 2020, p. 45)	Não apresenta
Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“A grandeza física relacionada à transferência de energia de um sistema ou de um corpo para o outro, a partir da relação entre força de deslocamento, é denominada trabalho.” (SANTOS, 2020, p. 105)	$T = F \cdot \Delta S$
Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	“[...] o termo trabalho refere-se a um processo de transferência de energia devido à aplicação de uma força em um objeto.” (MORTIMER et al, 2020, p. 117)	$T = F \cdot d \cdot \cos\theta$
Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Realizar trabalho significa usar uma força para mover um objeto por certa distância” (AMABIS et al, 2020, p. 15)	$T = F \cdot d \cdot \cos\theta$
Multiversos – Ciências da Natureza	Não apresenta	Não apresenta
Ser Protagonista	“Inicialmente, pode-se entender o trabalho de uma	$T = F \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha$

Ciências da Natureza e suas Tecnologias	força como uma grandeza escalar (positiva ou negativa) que mede o efeito da força no corpo ao longo de um deslocamento.” (ZAMBONI e BEZERRA, 2020, p. 22)	
---	---	--

Fonte: A autora

Tabela 16 - Definição de energia mecânica nos livros didáticos

Livro didático	Definição	Fórmula
Ciências da Natureza – Lopes e Rosso	“Podemos definir a energia mecânica como a soma da energia cinética e potencial.”(CARNEVALLE, 2020, p. 19)	$E_m = E_c + E_p$
Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Em um sistema conservativo, a soma da energia potencial gravitacional com a energia cinética do corpo é constante. Essa soma é denominada Energia Mecânica.” (THOMPSON et al, 2020, p. 54)	$E_m = E_c + E_p$
Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Quando um sistema tem somente as energias cinética, potencial elástica e potencial gravitacional, dizemos que ele tem uma energia mecânica.” (SANTOS, 2020, p. 109)	$E_m = E_c + E_{pe} + E_{pg}$
Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	“Chamamos de energia mecânica a soma das energias potencial e cinética de um objeto.” (MORTIMER et al, 2020, p. 119)	Não apresenta
Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Em um sistema mecânico qualquer, a energia costuma estar sob a forma de energia mecânica, que corresponde à soma da energia cinética com a energia potencial (gravitacional e/ou elástica).” (AMABIS et al, 2020, p. 21)	$E_m = E_c + E_p$
Multiversos – Ciências da Natureza	Não apresenta	Não apresenta
Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“A soma das energias cinética, potencial gravitacional e potencial elástica que um corpo pode admitir é conhecida como energia mecânica.” (ZAMBONI e BEZERRA, 2020, p. 17)	$E_m = E_c + E_p$

Fonte: A autora

Tabela 17 - Definição de energia cinética nos livros didáticos

Livro didático	Definição	Fórmula
Ciências da Natureza – Lopes e Rosso	“Dessa forma podemos definir a energia cinética de um corpo de massa m e velocidade v como: (equação ao lado)” (CARNEVALLE, 2020, p.17)	$E_c = m \cdot v^2 / 2$
Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“A quantidade de energia associada ao movimento de um corpo é sua energia cinética, ou seja, metade do produto entre sua massa (m) vezes o	$E_c = m \cdot v^2 / 2$

	quadrado de uma velocidade (v).” (THOMPSON et al, 2020, p.44)	
Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“A energia cinética é a energia relacionada ao movimento. Ela é uma grandeza escalar e depende da massa (m) em quilograma (kg) e do módulo da velocidade (v) em metro por segundo (m/s) do corpo em movimento.” (SANTOS, 2020, p. 108)	$E_c = m \cdot v^2 / 2$
Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	“A energia necessária para deformar os carros estava presente na forma de energia de movimento. Chamamos essa forma de energia cinética.” (MORTIMER et al, 2020, p. 119)	$E_c = m \cdot v^2 / 2$
Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Energia cinética está associada ao movimento de um corpo. Assim, um corpo em movimento, desenvolvendo determinada velocidade, tem energia cinética.” (AMABIS et al, 2020, p. 17)	$E_c = m \cdot v^2 / 2$
Multiversos – Ciências da Natureza	“A energia cinética está associada ao movimento de um corpo. A bola de boliche que desliza em uma pista e se choca com os pinos transfere parte da sua energia cinética para os pinos.” (GODOY, DELL’AGNOLO e MELO, 2020, p. 28)	Não apresenta
Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“[...] a energia que os corpos possuem por estar em movimento é chamada energia cinética.” (ZAMBONI e BEZERRA, 2020, p. 19)	$E_c = m \cdot v^2 / 2$

Fonte: A autora

Tabela 18 - Definição de energia potencial (gravitacional e elástica) nos livros didáticos

Livro didático	Definição	Fórmula
Ciências da Natureza – Lopes e Rosso	“Ao elevar verticalmente um corpo de massa m a uma altura h, o corpo armazena uma determinada quantidade de energia, chamada de energia potencial gravitacional.” (CARNEVALLE, 2020, p. 19) “A mola da suspensão de um veículo forma um sistema elástico, acumulando energia quando se deforma, ou seja, quando é comprimida, e voltando ao normal quando a deformação cessa. A energia acumulada pela mola está associada à energia potencial elástica.” (CARNEVALLE, 2020, p. 19)	$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ $E_{pe} = k \cdot x^2 / 2$
Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“[...] todo corpo colocado a certa altura em relação à superfície da Terra "carrega" consigo uma quantidade de energia denominada Energia potencial gravitacional.” (THOMPSON et al, 2020, p. 52)	$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$
Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“A energia potencial gravitacional é a energia acumulada em qualquer objeto que se encontra a certa altura do solo ou em outro nível de referência em relação à Terra devido ao campo gravitacional	$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ $E_{pe} = k \cdot x^2 / 2$

	terrestre.” (SANTOS, 2020, p. 108) “A energia potencial elástica é a energia armazenada em corpos como molas e elásticos, quando eles são deformados.” (SANTOS, 2020, p. 108)	
Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	“[...] os objetos, quando suspensos em relação ao chão, apresentam um tipo de energia denominada energia potencial gravitacional. Essa energia está relacionada ao campo gravitacional da Terra, que, devido a sua massa, produz um campo gravitacional em torno de si, e todo objeto que tenha massa e esteja nesse campo sofre a ação de uma força atrativa, denominada força peso.” (MORTIMER et al, 2020, p. 118) “[...] há a energia potencial elástica, associada à deformação de corpos elásticos – como molas e vigas – e que também pode ser transformada em outras formas de energia.” (MORTIMER et al, 2020, p. 119)	$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ Não apresenta
Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“De modo geral, podemos dizer que a energia potencial de um corpo consiste na energia potencial gravitacional "armazenada" inicialmente nele.” (AMABIS et al, 2020, p. 19) “Corpos que deformam e retornam ao seu aspecto inicial, como molas, elásticos e barras ou arcos, também "armazenam" energia, que pode, eventualmente, se transformar em energia cinética.”(AMABIS et al, 2020, p. 20)	$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ $E_{pe} = k \cdot x^2 / 2$
Multiversos – Ciências da Natureza	“A energia potencial gravitacional é uma energia de posição e está associada à altura em que o corpo está em relação à referência estabelecida, que pode ser o solo, por exemplo.” (GODOY, DELL’AGNOLO e MELO, 2020, p. 30) “Energia potencial elástica é a energia armazenada no sistema em virtude da deformação provocada em relação à posição original.” (GODOY, DELL’AGNOLO e MELO, 2020, p. 30)	Não apresenta
Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“A energia associada a essa produção de movimento (queda de um galho da árvore) é um tipo de energia armazenada ou em potencial de se manifestar, conhecida como energia potencial gravitacional.” (ZAMBONI e BEZERRA, 2020, p. 19) “Esse também é um tipo de energia armazenada (ação de um estilingue), conhecida como energia potencial elástica.” (ZAMBONI e BEZERRA, 2020, p. 19)	$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ $E_{pe} = k \cdot x^2 / 2$

Fonte: A autora

Tabela 19 - Definição de conservação de energia mecânica nos livros didáticos

Livro didático	Definição	Fórmula
----------------	-----------	---------

Ciências da Natureza – Lopes e Rosso	“A energia mecânica total de um sistema permanece constante sempre que o trabalho das forças não conservativas for nulo. Ou seja, apenas o peso ou força elástica podem realizar trabalho.” (CARNEVALLE, 2020, p.19)	$E_{mec}(A) = E_{mec}(B)$
Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Não há ganho nem perda de energia em um sistema fechado, o que ocorre é uma conversão de uma forma de energia em outra. Quando a energia de um sistema diminui, há um aumento igual de energia em outro sistema.” (THOMPSON et al, 2020, p. 55)	Não apresenta
Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Em um sistema conservativo, a energia mecânica mantém-se constante. Isso quer dizer que o valor da energia mecânica final é igual ao valor da energia mecânica inicial.” (SANTOS, 2020, p. 109)	$E_m = E_{mo}$
Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	“Um aspecto interessante da energia mecânica é que ela se mantém constante se forças dissipativas não atuarem sobre o objeto.”(MORTIMER et al, 2020, p. 120)	Não apresenta
Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“Há muito tempo, os cientistas perceberam que a quantidade de energia de um sistema isolado é uma grandeza invariável. A energia não pode ser criada nem destruída; pode apenas ser convertida em outra forma de energia.” (AMABIS et al, 2020, p. 20)	Não apresenta
Multiversos – Ciências da Natureza	“Na Ciência, a lei ou princípio da conservação de energia estabelece que a quantidade total de energia em um sistema físico permanece constante. Assim, é possível dizer que a energia não pode ser criada nem destruída, mas transformada de um tipo para outro.” (GODOY, DELL'AGNOLO e MELO, 2020, p. 32)	Não apresenta
Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias	“A energia total do Universo é constante, não podendo ser criada nem destruída, mas constantemente transformada em diversas modalidades.” (ZAMBONI e BEZERRA, 2020, p. 17)	$E_{mec}(final) = E_{mec}(inicial)$

Fonte: A autora

6.2. Algumas considerações sobre os tipos de tarefas de Energia Mecânica dos livros didáticos

De acordo com as tabelas acima, tendo como referência aspectos e trechos históricos originais já apresentados anteriormente, verificamos nos livros didáticos os

aspectos de adequação ao tempo didático, despersonalização, desincretização e descontextualização.

Primeiramente, levantamos alguns aspectos relacionados à publicidade e à programabilidade. O conceito de energia possui um longo caminho na sua construção, tendo diversas implicações importantes em relação a sua natureza. Porém, é observado em todos os livros que para se adequar ao tempo didático, os conceitos-chaves, são apresentados com uma curta definição, partindo direto para descrição da fórmula. Dessa forma, conseguimos perceber que o foco está em operacionalizar o conceito. Além disso, em nenhum momento os livros trazem os problemas de origem para construção do conceito, como o estudo do funcionamento das máquinas, como motivador para definição deles.

Outro aspecto a ser pensado é a despersonalização, o ato de excluir o sujeito e separar a pessoa do saber. Por mais que o conceito de energia não tenha um autor principal, diversos cientistas fizeram grandes contribuições no desenvolvimento do conceito desde a antiguidade até o século XVIII, como identificado ao longo do trabalho. Apenas a coleção Moderna Plus cita que vários cientistas tinham a noção de que a energia de um sistema se mantinha constante (Tabela 19). Porém, em nenhum dos demais livros didáticos o conceito é associado a ação de algum indivíduo, o que fortalece a imagem de uma ciência que nasce pronta.

Sobre o aspecto de dessincretização, quando analisamos os livros didáticos observamos a total modificação do conceito. Nenhum dos livros apresenta contextualização histórica, eles seguem uma linha de definição dos conceitos abordando primeiro a energia cinética, depois a energia potencial e por fim, a energia mecânica e sua conservação, relacionando as duas formas anteriores de energia. Isso não acontece no seu desenvolvimento, pois o conceito de energia é descoberto de maneira desordenada e simultânea, com aspectos que remetem sempre a sua transformação e conservação. (KUHN, 2011, p. 93)

Em sua maioria, os livros abordam o conceito trazendo ele para o cotidiano, com situações reais, como um galho caindo de uma árvore, um estilingue ou a mola do motor de um veículo (Tabela 18). Isso acaba fortalecendo a ideia de um conceito totalmente utilitarista.

Sendo assim, o conceito perde em sua maior parte, seus aspectos epistemológicos que remetem à natureza do conceito científico. Isso gera o ensino de novos saberes que se encontram muito distantes dos saberes originais, chegando até mesmo a serem apresentados com concepções espontâneas. Conseguimos verificar isso na coleção Moderna Plus, que ao falar sobre a energia potencial (Tabela 18) relaciona a energia a algo substancial que pode ser “armazenado”. Ou a coleção Conexões (Tabela 18) que relaciona a um produto que pode ser “carregado”.

A descontextualização, se refere ao deslocamento do contexto original do saber. Portanto, enquanto na sua construção, verificamos um desenvolvimento com base na reflexão do funcionamento das máquinas, onde de maneira analítica os cientistas chegam a algumas definições e descrições matemáticas. Nos livros didáticos não é destacado nenhum desses aspectos, pois ao tentar aproximar o conceito da realidade os autores abordam situações cotidianas. Mas, essa abordagem sempre surge com foco operacional, no sentido de aplicar valores em uma fórmula pré-definida.

Por mais que seja necessária a adequação do saber original para o ambiente de ensino, é importante ter atenção voltada para os aspectos analisados. Pois, a distância entre o saber sábio e o saber a ensinar deve ser a menor possível, para trazer aos alunos aspectos da construção e natureza do conceito. Dessa forma, os alunos não vêem o ensino do conteúdo apenas como método de resolver exercícios, mas de refletir sobre a vida e as situações ao seu redor.

CAPÍTULO 7 - A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO APLICADA ÀS TAREFAS DE ENERGIA MECÂNICA

O ponto de partida de nossa análise se deu com a identificação das tarefas nas unidades que tratavam energia mecânica e princípio de conservação em cada uma das coleções. A seguir serão apresentadas as tabelas de análise para cada coleção contendo a unidade analisada, tipo de tarefa, quantidade de exercícios resolvidos e exercícios propostos. Além disso, a análise sob a ótica da Teoria Antropológica do Didático de alguns exercícios das coleções analisadas.

7.1. Coleção 1: Ciências da Natureza

Tabela 20 – Análise da coleção Ciência da Natureza (Lopes e Rosso)

Unidade	Tipo de tarefa	Exercícios Resolvidos	Exercícios Propostos
Energia e Consumo sustentável	Tipo 1: Descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula	6	1
	Tipo 2: Interpretação de situação relacionada à natureza do conceito	0	1

Fonte: A autora

7.1.1. Organização Praxeológica

Tipo 1 – Exercício proposto

Quadro 3 – Análise de atividade tipo 1 da coleção Ciência da Natureza (Lopes e Rosso)

Tarefa	Sobre um bloco de 3 kg de massa atua uma força horizontal de 6 N. Partindo do repouso, qual será a energia cinética desse corpo depois de 2s? Despreze o atrito. (CARNEVALLE, 2020, p. 23)
Técnica	Como $F = ma$, então $6 = 3a$, portanto, $a = 2 \text{ m/s}^2$ A velocidade após 2s é dada por $v(t) = at$ Logo, $v = 2 \cdot 2 = 4 \text{ m/s}$ A energia cinética será $Ec = mv^2/2$, então, $Ec = \frac{3 \cdot 4^2}{2} = 24 \text{ J}$
Tecnologia	Ter conhecimento da segunda lei de Newton e do cálculo de velocidade. Além disso, saber que a energia cinética é dada por um meio da massa vezes a velocidade ao quadrado. Saber que a massa precisa estar em kg (quilograma) e a velocidade em m/s (metro por segundo) para que a energia cinética seja em J (Joule).
Teoria	Seja uma partícula de massa m movendo-se sobre o eixo x , desde $x_0 = 0$ até x . Sobre essa partícula atua uma força F que impulsiona a partícula desde uma velocidade inicial nula até uma velocidade v . Sabe-se, de acordo com a segunda lei de Newton, que $F = dp/dt$ onde p é o momento linear. Por outro lado, a energia cinética da partícula varia de 0 até K . De acordo com o Teorema do trabalho-energia, o trabalho realizado pela força é: $W = DK = K$. Assim, $W = \int_0^x f dx = \int_0^x dp/dt dx = \int_0^v v dp$. Como o momento linear é $p = mv$, obtém-se o resultado $W = m \int_0^v v dv = \frac{1}{2}mv^2$. Ou seja, $Ec = \frac{1}{2}mv^2$. (HALLIDAY, 2016)

Fonte: A autora

Tipo 2 – Exercício proposto

Quadro 4 – Análise de atividade tipo 2 da coleção Ciência da Natureza (Lopes e Rosso)

Tarefa	Os carrinhos de brinquedo podem ser de vários tipos. Dentre eles, há os movidos a corda, em que uma mola em seu interior é comprimida quando a criança puxa o carrinho para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento enquanto a mola volta à sua forma inicial. O processo de conversão de energia que ocorre no carrinho também é verificado em A) Um dínamo B) Um freio de automóvel C) Um motor a combustão D) Uma usina hidroelétrica E) Uma atiradeira (estilingue). (CARNEVALLE, 2020, p. 23)
Técnica	Como no caso do carrinho acontece uma conversão da energia potencial elástica para energia cinética, das opções disponíveis, o estilingue realiza o mesmo tipo de conversão. Portanto, letra E
Tecnologia	Conhecer os tipos de energias e as características de cada.
Teoria	Suponha que você puxa um bloco preso a uma mola, a partir de sua posição de equilíbrio em $x = 0$ até uma nova posição em $x=x_1$. [...] O trabalho total realizado sobre o bloco pela mola, enquanto o bloco se move de $x = 0$ até $x=x_1$ e depois de volta até $x = 0$, é zero. [...] para calcular a função energia potencial associada a esta força: $dU = -F \cdot dl = -Fdx = -(kx)dx = +kxdx$ Então, $U = \int kxdx = \frac{kx^2}{2} + U_0$ Onde U_0 é a energia potencial quando $x=0$, isto é, quando a mola está frouxa. Escolhendo U_0 igual a zero, temos $U = \frac{kx^2}{2}$ (TIPLER e MOSCA, p. 202) Sendo a energia sempre conservada, nunca gerada ou destruída, entendemos que a energia potencial elástica pode ser convertida em energia potencial gravitacional, se estiver relacionada a variação de altura ou energia cinética, estando relacionada ao movimento. (HALLIDAY, 2016)

Fonte: Os autores

7.2. Coleção 2: Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Tabela 21 – Análise da coleção Conexões – Ciência da Natureza e suas Tecnologias (Thompson et al)

Unidade	Tipo de tarefa	Exercícios Resolvidos	Exercícios Propostos
Matéria e Energia	Tipo 1: Descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula	5	2
	Tipo 2: Interpretação de situação relacionada a natureza do conceito	0	1

Fonte: A autora

7.2.1. Organização Praxeológica Coleção: Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Tipo 1 – Exercício proposto

Quadro 5 – Análise de atividade tipo 1 da coleção Conexões – Ciência da Natureza e suas Tecnologias (Thompson et al)

Tarefa	Uma criança com 20 kg oscila num balanço, de tal modo que a diferença entre as alturas máxima e mínima que ela atinge é de 0,80 m. Na posição de máxima altura,
---------------	---

	<p>a criança apresenta uma energia potencial 160 J maior que a da posição de mínima altura. A velocidade da criança, quando ela passa pela posição de menor altura, será de</p> <p>a) 3 m/s b) 4 m/s c) 5 m/s d) 6 m/s (THOMPSON et al, 2020, p.61)</p>
Técnica	<p>Pela conservação da energia mecânica temos</p> $E_{m0} = E_m$ $E_m = E_c + E_p = cte$ <p>Então,</p> $E_c + E_{p\text{máx}} = E_c + E_{p\text{mín}}$ <p>Informado na questão que na altura máxima a energia cinética é 160 J, além disso, na altura mínima, a energia potencial será 0 J</p> $160 = E_c$ $160 = mv^2/2$ $v = 4 \text{ m/s}$
Tecnologia	<p>Conhecer que energia mecânica equivale a soma da energia potencial gravitacional, descrita como o produto entre a massa, a gravidade e a altura relacionada, com a energia cinética, equivalente a um meio do produto da massa pelo quadrado da velocidade. Além disso, entender que em um sistema a energia se conserva.</p>
Teoria	<p>Quando uma força conservativa realiza um trabalho W sobre um objeto, essa força é responsável por uma transferência de energia entre a cinética K do objeto e a energia potencial, portanto</p> $\Delta K = W \text{ e } \Delta U = -W, \text{ logo, } \Delta K = -\Delta U$ <p>Então, $K_2 + U_2 = K_1 + U_1$ (Conservação da energia mecânica)</p> <p>Em um sistema isolado no qual apenas forças conservativas causam variações de energia, a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas a soma das duas energias, a energia mecânica, não pode variar. (HALLIDAY, 2016)</p>

Fonte: A autora

Tipo 2 – Exercício proposto

Quadro 6 – Análise de atividade tipo 2 da coleção Conexões – Ciência da Natureza e suas Tecnologias (Thompson et al)

Tarefa	<p>Considere que ambos têm a mesma massa. Considere que o solo é o nível zero das energias potenciais gravitacionais. Sobre a soma da energia potencial gravitacional dos gêmeos, é correto afirmar que é</p> <p>a) zero. b) constante e não nula mesmo com mudanças nas alturas de cada criança. c) sempre crescente a cada ciclo de descida. d) sempre decrescente a cada ciclo de descida. (THOMPSON et al, 2020, p.61)</p>
Técnica	<p>Entendendo que a energia se conserva e a energia potencial gravitacional está relacionada a variação de altura, nessa situação, a energia potencial gravitacional total se mantém constante, já que quando uma criança sobe, a outra automaticamente desce. Portanto, a energia se mantém com mesmo valor no sistema total.</p>
Tecnologia	<p>Saber que a energia se conserva e que a energia potencial gravitacional está relacionada à altura em questão.</p>
Teoria	<p>Podemos calcular a função da energia potencial associada à força gravitacional próximo à superfície da Terra. Para força $F = -mgj$, temos</p> $dU = -Fdl = -(mgj)(dxi + dyj + dzk) = mgdy$ <p>Onde usamos o fato de que $j \cdot i = j \cdot k = 0$ e $j \cdot j = 1$. Integrando, obtemos</p> $U = \int mgdy = mgy + U_0$ $U = U_0 + mgy$ <p>Sendo y a altura h e U_0 a constante de integração arbitrária</p> $U = mgh$ <p>(TIPLER e MOSCA, p. 200-201)</p> <p>Quando a criança 1 sobe a altura d, a criança 2 desce a altura d, portanto, podemos escrever como</p>

$U = mg(h + d) + mg(h - d) = mgh + mgd + mgh - mgd$ $U = 2mgh$
Portanto, durante toda brincadeira a energia potencial gravitacional se manterá constante.

Fonte: A autora

7.3. Coleção 3: Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Tabela 22 – Análise da coleção Diálogo – Ciência da Natureza e suas Tecnologias (Santos)

Unidade	Tipo de tarefa	Exercícios Resolvidos	Exercícios Propostos
Ser humano: origem e funcionamento	Tipo 1: Descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula	0	4
	Tipo 2: Interpretação de situação relacionada a natureza do conceito	0	3

Fonte: A autora

7.3.1. Organização Praxeológica Coleção: Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Tipo 1 – Exercício proposto

Quadro 7 – Análise de atividade tipo 1 da coleção Diálogo – Ciência da Natureza e suas Tecnologias (Santos)

Tarefa	Obedecer às leis de trânsito é uma questão de segurança, dirigir com velocidade dentro do limite permitido pode salvar vidas. Suponha que um carro de 1 100 kg se mova com velocidade de 10 m/s. Se a velocidade dele passar para 30 m/s, a energia cinética do carro ficará quantas vezes maior? Como esse aumento de energia influencia no caso de uma colisão? (SANTOS, 2020, p.115)
Técnica	Para velocidade 10m/s, temos a seguinte energia cinética $Ec = \frac{1100 \cdot 10^2}{2} = 55000J$ Para velocidade 30m/s, temos a seguinte energia cinética $Ec = \frac{1100 \cdot 30^2}{2} = 495000J$ Portanto, fazendo a relação entre os dois valores, a energia cinética aumenta 9 vezes. Para situação de colisão, o impacto será maior, pois a quantidade de movimento será maior.
Tecnologia	Saber que energia cinética é um meio do produto da massa pelo quadrado da velocidade. Conhecer a relação entre energia cinética e colisão.
Teoria	Seja uma partícula de massa m movendo-se sobre o eixo x , desde $x_0 = 0$ até x . Sobre essa partícula atua uma força F que impulsiona a partícula desde uma velocidade inicial nula até uma velocidade v . Sabe-se, de acordo com a segunda lei de Newton, que $F = dp/dt$ onde p é o momento linear. Por outro lado, a energia cinética da partícula varia de 0 até K . De acordo com o Teorema do trabalho-energia, o trabalho realizado pela força é: $W = DK = K$. Assim, $W = \int_0^x f dx = \int_0^x dp/dt dx = \int_0^p v dp$. Como o momento linear é $p = mv$, obtém-se o resultado $W = m \int_0^v v dv = \frac{1}{2}mv^2$. Ou seja, $Ec = \frac{1}{2}mv^2$. (HALLIDAY, 2016)

Fonte: A autora

Tipo 2 – Exercício proposto

Quadro 8 – Análise de atividade tipo 2 da coleção Diálogo – Ciência da Natureza e suas Tecnologias (Santos)

Tarefa	Em um jogo de futebol, o jogador principal e goleador do time A arrisca um arremate de média distância. O chute a gol sai com uma enorme força e grande velocidade em direção ao gol do goleiro do time B. O atacante fica na expectativa de comemorar o gol, porém ele não contava com a astúcia do goleiro adversário, que agarrou firme a bola no canto esquerdo do gol. Fisicamente, considere que o choque é elástico, a colisão da bola com a mão do goleiro é frontal, sem rolamento, uma vez que ele segurou a bola firme; despreze os atritos. Nesse sistema composto pela bola e as mãos do goleiro, há conservação de: a) massa e energia cinética. b) momento linear e força. c) velocidade e força. d) calor e movimento linear. e) momento linear e energia cinética (SANTOS, 2020, p.116)
Técnica	Como nessa situação é dito que o choque é elástico, sabemos que se conserva nesse caso o momento linear e a energia cinética.
Tecnologia	Conhecer as características das grandezas em uma colisão elástica.
Teoria	Em uma colisão unidimensional, um objeto de massa m_1 e velocidade inicial v_{1i} se move em direção da massa m_2 que está inicialmente em repouso. Se esse é um sistema isolado e fechado o seu momento linear total do sistema é conservado $m_1v_{1i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$ Nessa situação. A energia cinética também se conserva, sendo $\frac{m_1v_{1i}^2}{2} = \frac{m_1v_{1f}^2}{2} + \frac{m_2v_{2f}^2}{2}$ (HALLIDAY, 2016)

Fonte: A autora

7.4. Coleção 4: Tecnologias Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar

Tabela 23 – Análise da coleção Tecnologias Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar (Mortimer et al)

Unidade	Tipo de tarefa	Exercícios Resolvidos	Exercícios Propostos
O mundo atual: questões socioeconômicas	Tipo 1: Descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula	0	7
	Tipo 2: Interpretação de situação relacionada a natureza do conceito	0	1

Fonte: A autora

7.4.1 Organização Praxeológica Coleção: Tecnologias Matéria, Energia e Vida

Tipo 1 – Exercício proposto

Quadro 9 – Análise de atividade tipo 1 da coleção Tecnologias Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar (Mortimer et al)

Tarefa	Determine a quantidade de energia cinética de um carro com massa de 1 000 kg que se desloca a uma velocidade de 20 m/s (o que equivale a 72 km/h). (MORTIMER et al, 2020, p. 120)
Técnica	Para a energia cinética temos que: $E_c = \frac{1000 \cdot 20^2}{2} = 200000J$
Tecnologia	Saber que a energia cinética é dada por um meio da massa vezes a velocidade ao quadrado. Saber que a massa precisa estar em kg (quilograma) e a velocidade em m/s (metro por segundo) para que a energia cinética seja em J (Joule).
Teoria	Seja uma partícula de massa m movendo-se sobre o eixo x , desde $x_0 = 0$ até x . Sobre essa partícula atua uma força F que impulsiona a partícula desde uma velocidade

	<p>inicial nula até uma velocidade v. Sabe-se, de acordo com a segunda lei de Newton, que $F = dp/dt$ onde p é o momento linear. Por outro lado, a energia cinética da partícula varia de 0 até K. De acordo com o Teorema do trabalho-energia, o trabalho realizado pela força é: $W = DK = K$. Assim, $W = \int_0^x f dx = \int_0^x dp/dt dx = \int_0^p v dp$. Como o momento linear é $p = mv$, obtém-se o resultado $W = m \int_0^v v dv = \frac{1}{2}mv^2$. Ou seja, $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. (HALLIDAY, 2016)</p>
--	--

Fonte: A autora

Tipo 2 – Exercício proposto

Quadro 10 – Análise de atividade tipo 2 da coleção Tecnologias Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar (Mortimer et al)

Tarefa	Descreva as transformações de energia que ocorrem quando você pega uma sacola de compras do chão e a coloca sobre a mesa (MORTIMER et al, 2020, p. 118)
Técnica	No chão a sacola terá a energia mecânica igual a zero. Ao retirá-la do chão ela entra em movimento, portanto, possui energia cinética se transformando em energia potencial gravitacional, devido à altura. Ao colocar a sacola sobre a mesa, essa energia cinética se transforma em energia potencial gravitacional.
Tecnologia	Entender o que é a energia mecânica e suas características (transformação e conservação), além disso, entender a respeito da relação do trabalho de uma força e a energia cinética.
Teoria	<p>A energia mecânica de um sistema é a soma da energia cinética E_c e a energia potencial E_p</p> $E_m = E_c + E_p$ <p>Em um sistema isolado é um sistema no qual nenhuma força externa produz variações de energia. Se apenas forças conservativas realizam trabalho em um sistema isolado, a energia mecânica não pode variar. Portanto,</p> $E_{c2} + E_{p2} = E_{c1} + E_{p1}$ <p>(HALLIDAY, 2016)</p>

Fonte: A autora

7.5. Coleção 5: Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Tabela 24 – Análise da coleção Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Amabis et al)

Unidade	Tipo de tarefa	Exercícios Resolvidos	Exercícios Propostos
Matéria e Energia	Tipo 1: Descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula	4	1
	Tipo 2: Interpretação de situação relacionada a natureza do conceito	0	2

Fonte: A autora

7.5.1. Organização Praxeológica Coleção: Moderna Plus

Tipo 1 – Exercício proposto

Quadro 11 – Análise de atividade tipo 1 da coleção Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Amabis et al)

Tarefa	Uma força de 4 N é aplicada a uma mola, que sofre um alongamento de 8 cm. Determine a constante elástica dessa mola (N/m) e a energia potencial elástica. (AMABIS et al, 2020, p. 24)
Técnica	Como temos $F = kx$ Então,

	$k = \frac{F}{x} = \frac{4}{0,08} = 50$ <p>Logo, a energia potencial elástica será</p> $Ep = \frac{kx^2}{2} = \frac{50 \cdot 0,08^2}{2} = 0,16J$
Tecnologia	Conhecer a lei de Hooke (força elástica igual ao produto da constante elástica pela deformação da mola em metro). Além disso, entender que a energia potencial elástica é um meio do produto da constante elástica pelo quadrado da deformação em metros.
Teoria	<p>Para um sistema massa-mola, ao se deslocar do ponto xi ao xf, a força elástica será $F = -kx$. Para determinar a energia potencial elástica do sistema temos</p> $\Delta U = - \int_{xi}^{xf} (-kx) dx = k \int_{xi}^{xf} x dx = \frac{1}{2} [x^2]_{xi}^{xf}$ $\Delta U = \frac{1}{2} kxf^2 - \frac{1}{2} kxi^2$ <p>Se fazer a posição inicial xi igual a zero, temos que</p> $U = \frac{1}{2} kx^2$ <p>(HALLIDAY, 2016)</p>

Fonte: A autora

Tipo 2 – Exercício proposto

Quadro 12 – Análise de atividade tipo 2 da coleção Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Amabis et al)

Tarefa	<p>Observe a situação descrita na tirinha abaixo:</p> <p>CARUSO, F.; DAOU, L. Tirinhas de física. Rio de Janeiro: CBPF, 2000 apud 2020, p. 23</p> <p>Assim que o menino lança a flecha, há transformação de um tipo de energia em outra. A transformação, nesse caso, é a de energia:</p> <ol style="list-style-type: none"> Potencial elástica em energia gravitacional Gravitacional em energia potencial Potencial elástica em energia cinética Cinética em energia potencial elástica Gravitacional em energia cinética <p>(AMABIS et al, 2020, p. 23)</p>
Técnica	A transformação é da energia potencial elástica a deformação do arco onde a flecha está, em energia cinética, quando a flecha é disparada e entra em movimento.
Tecnologia	Entender o que é a energia mecânica e suas características (transformação e conservação)
Teoria	<p>A energia mecânica de um sistema é a soma da energia cinética E_c e a energia potencial E_p</p> $E_m = E_c + E_p$ <p>Em um sistema isolado é um sistema no qual nenhuma força externa produz variações de energia. Se apenas forças conservativas realizam trabalho em um sistema isolado, a energia mecânica não pode variar. Portanto,</p> $E_{c2} + E_{p2} = E_{c1} + E_{p1}$ <p>(HALLIDAY, 2016)</p>

Fonte: A autora

7.6. Coleção 6: Multiversos – Ciências da Natureza

Tabela 25 – Análise da coleção Multiversos - Ciências da Natureza (Godoy, Dell'Agnolo e Melo)

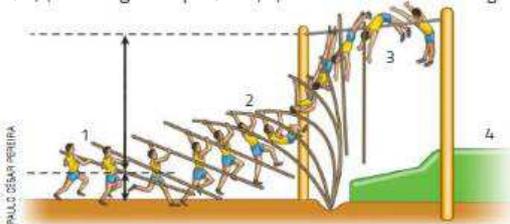
Unidade	Tipo de tarefa	Exercícios Resolvidos	Exercícios Propostos
Matéria, Energia e a vida	Tipo 1: Descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula	0	0
	Tipo 2: Interpretação de situação relacionada a natureza do conceito	0	3

Fonte: A autora

7.6.1 Organização Praxeológica Coleção: Multiversos

Tipo 2 – Exercício proposto

Quadro 13 – Análise de atividade tipo 2 da coleção Multiversos - Ciências da Natureza (Godoy, Dell'Agnolo e Melo)

Tarefa	<p>O salto com vara é uma modalidade olímpica em que o atleta acelera seu movimento ao correr em direção à estrutura que sustenta um sarrafo que irá determinar a altura a ser ultrapassada no salto. Observe a imagem a seguir, que representa o salto com vara.</p> <p>Descreva a(s) forma(s) de energia nos pontos 1, 2, 3 e 4 destacados na imagem</p>  <p>(GODOY, DELL'AGNOLO e MELO, 2020, p. 33)</p>
Técnica	No ponto 1 energia cinética é transformada em energia potencial elástica e potencial gravitacional no ponto 2, no ponto 3 energia potencial gravitacional chega ao seu máximo e no ponto 4 a energia é dissipada no amortecimento ao atingir o chão.
Tecnologia	Entender a energia mecânica e suas principais características (transformação e conservação)
Teoria	<p>A energia mecânica de um sistema é a soma da energia cinética E_c e a energia potencial E_p</p> $E_m = E_c + E_p$ <p>Em um sistema isolado é um sistema no qual nenhuma força externa produz variações de energia. Se apenas forças conservativas realizam trabalho em um sistema isolado, a energia mecânica não pode variar. Portanto,</p> $E_{c2} + E_{p2} = E_{c1} + E_{p1}$ <p>(HALLIDAY, 2016)</p>

Fonte: A autora

7.7. Coleção 7: Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Tabela 26 – Análise da coleção Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Zamboni e Bezerra)

Unidade	Tipo de tarefa	Exercícios Resolvidos	Exercícios Propostos
Energia e suas transformações	Tipo 1: Descobrir o valor da energia de maneira direta por aplicação de fórmula	0	2

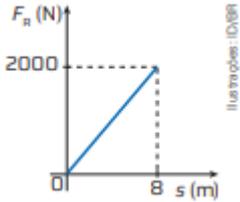
	Tipo 2: Interpretação de situação relacionada a natureza do conceito	0	0
--	--	---	---

Fonte: A autora

7.7.1 Organização Praxeológica Coleção: Ser Protagonista

Tipo 1 – Exercício proposto

Quadro 14 – Análise de atividade tipo 1 da coleção Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Zamboni e Bezerra)

Tarefa	<p>Um automóvel de 1000kg de massa e inicialmente em repouso é submetido a uma força resultante cuja intensidade varia de acordo com o gráfico ao lado Determine:</p>  <p>a) o trabalho da força resultante b) a energia cinética final do automóvel c) a velocidade final do automóvel</p> <p>(ZAMBONI e BEZERRA, 2020, p. 27)</p>
Técnica	<p>De acordo com o gráfico o trabalho se refere a sua área, portanto $W = 2000 \cdot 8 = 16000 \text{ J}$</p> <p>Pelo Teorema Trabalho-Energia Cinética $Ec = W$ $Ec = 16000 \text{ J}$</p> <p>A velocidade final será</p> $16000 = 1000 \cdot \frac{v^2}{2}$ $2.16 = v^2$ $v = \sqrt{32}$ $v = 5,66$
Tecnologia	Saber como calcular o trabalho de uma força, entender a relação entre trabalho e energia cinética. Além disso, saber que a energia cinética equivale a um meio do produto.
Teoria	<p>Seja uma partícula de massa m movendo-se sobre o eixo x, desde $x_0 = 0$ até x. Sobre essa partícula atua uma força F que impulsiona a partícula desde uma velocidade inicial nula até uma velocidade v. Sabe-se, de acordo com a segunda lei de Newton, que $F = dp/dt$ onde p é o momento linear. Por outro lado, a energia cinética da partícula varia de 0 até K. De acordo com o Teorema do trabalho-energia, o trabalho realizado pela força é: $W = DK = K$. Assim, $W = \int_0^x f dx = \int_0^x dp/dt dx = \int_0^p v dp$. Como o momento linear é $p = mv$, obtém-se o resultado $W = m \int_0^v v dv = \frac{1}{2}mv^2$. Ou seja, $Ec = \frac{1}{2}mv^2$. (HALLIDAY, 2016)</p>

Fonte: A autora

7.8. Algumas considerações sobre os tipos de tarefas de Energia Mecânica dos livros didáticos

Com essa análise, é possível notar que o tipo 1 de exercício aparece de maneira majoritária nos livros didáticos. Dessa forma, existe um excesso de exercícios matemáticos que pouco discutem a respeito da natureza do conceito. Até mesmo

quando é necessário entender a respeito da conservação da energia mecânica, as técnicas sugeridas para resolução são por meio de aplicação de fórmulas. São poucos os exercícios que se classificam no tipo 2, onde é necessário o entendimento das características principais da natureza do conceito, a conservação e a transformação.

Essa organização praxeológica é interessante, pois corresponde às definições conceituais que os materiais didáticos apresentam, como visto no capítulo anterior. Sempre se baseando na descrição de fórmulas e com um forte apelo à operacionalidade na forma de resolução de tarefas do tipo de aplicação de valores nas fórmulas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro do que foi apresentado desde o início, é possível notar a complexidade que envolve o conceito de energia em sua construção histórica, pela superficialidade com que se apresenta nos livros didáticos e, até mesmo, pela aparente falta de clareza presente nos artigos da área. Essas constatações talvez ajudem a entender as dificuldades existentes em relação ao seu ensino.

Quando buscamos identificar como é realizada a abordagem por parte dos pesquisadores da área, por meio da revisão sistemática da literatura, verificamos que são poucos os artigos que destacam os aspectos epistemológicos do conceito de energia. Além disso, os que abordam a sua natureza em alguma parte do texto, no restante dele acabam recorrendo às ideias utilitaristas do conceito. Dessa forma, as concepções espontâneas são reforçadas, isso faz com que perdurem por mais tempo.

Tendo em vista essas considerações, partindo para verificar como o conceito é destacado nos livros didáticos (saber a ensinar), foi necessário entender o seu desenvolvimento histórico (saber sábio). Esse aspecto é bastante relevante, já que vários cientistas contribuíram para a construção desse conceito. Ele não possui um nome específico nesse processo, mas diversos autores que de maneira não linear, com questionamentos e complementações de ideias uns dos outros, em alguns casos até sem o conhecimento do trabalho de outros cientistas (Kuhn, 2011, p.93), chegaram ao que se compreende atualmente.

É interessante destacar que os aspectos principais da natureza do conceito são a conservação e conversão da energia. Com a análise, notamos que a raiz dessas ideias vem desde a antiguidade, já que diversos cientistas identificaram que existia uma quantidade de algo que sempre se mantinha constante. Assim, a partir da observação do funcionamento das máquinas e de pesquisas analíticas ao longo de anos, o conceito foi construído.

Porém, quando voltamos os olhos para os livros didáticos observamos o conceito descrito sempre de maneira direta e simples, sem seus aspectos epistemológicos e processos de desenvolvimento. Além disso, os autores com intuito de aproximar o conceito da realidade dos estudantes acabam relacionando com

situações cotidianas, porém, a forma como é realizada a relação acaba reforçando concepções espontâneas e a ideia de um conceito utilitarista.

Outro ponto importante a ser destacado, é a ênfase na operacionalidade realizada pelos livros didáticos. As definições das formas de energia sempre são descritas por uma fórmula padrão, já finalizada, seguida de exemplos de aplicação dessa fórmula em situações descritas. Quando seguimos para as atividades, é verificada a importância dada a essas aplicações de valores nas fórmulas prontas (Tabelas 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26), deixando de lado a reflexão da natureza do conceito, que na maioria das vezes não é abordado ao longo do texto descritivo.

Dessa forma, pode-se considerar que os livros didáticos não abordam o conceito destacando sua natureza e aspectos epistemológicos. Isso era esperado, já que na revisão sistemática da literatura é verificado que grande parte dos próprios pesquisadores da área não chamam atenção para essa questão. Então, ao produzirem os materiais didáticos, textualizando o saber, distanciam muito o saber a ensinar do saber sábio de origem.

Como dito por Sobrinho (p. 51), esse distanciamento aponta implicações negativas em relação à compreensão e formação conceitual para o público-alvo dos livros didáticos. Esse apontamento é relevante, pois os livros didáticos possuem grande importância, já que em muitos casos ele é o único material didático disponível para alunos e professores. É interessante pensar que a noosfera possui um grande papel nessa questão, pois ela influencia diretamente a transposição externa.

A implicação do que foi abordado é a propagação da ideia de uma ciência que nasce pronta, bem definida e não pode ser refutada. Assim, os alunos mantêm a ideia de uma física estática, sem utilidade para vida. Também pode-se destacar o fortalecimento das concepções espontâneas. Sendo essas concepções algo já presente nas ideias dos alunos por causa do uso do conceito no cotidiano, ter materiais didáticos que reforcem essas ideias é um grande problema. Principalmente, se os professores não aplicam a vigilância epistemológica sobre o saber a ensinar para torná-lo saber ensinado.

Dessa forma, é possível notar a importância de uma análise desse tipo sobre o conceito de energia. Já que mesmo que a complexidade e dificuldades relacionadas

ao conceito e sua aprendizagem sejam abordados a décadas, é observado nos artigos científicos da área e nos materiais didáticos atuais que o conceito não é tratado da melhor maneira, pois traz implicações negativas na aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AMABIS, J. M. et al. **Moderna plus: ciências na natureza e suas tecnologias: manual do professor**. 1º ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n.1, p. 41-52, 2003.
- BACHELARD, G. **A Filosofia do Não**. Trad. Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Coleção Os Pensadores).
- BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O Entendimento dos Estudantes sobre energia no Início do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 182-217, 2006.
- BARROSO, M. A.; PINTO, T. J. S. Bachelard: a aprendizagem científica como ruptura. **Educação em Perspectiva**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 232-249, 2017.
- BRITO, T. C.; CASTRO, D. L. Análise de concepções sobre energia química antes e depois de uma atividade de ensino sobre rotulagem de alimentos. **Ciência em Tela**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 1-11, 2010.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.
- BUNGE, M. Energy: Between Physics and Metaphysics. **Science and Education**, Nova Iorque, v. 9, p. 457-461, 2000.
- CARNEVALLE, M. R. (ed.). **Ciências da natureza: Lopes e Rosso: manual do professor**. 1º ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- CHEVALLARD, Y. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. 1ª ed. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.
- CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. **Estudar Matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v.19, n.2, p.221-266, 1999.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 3602-1 - 3602-11, 2013.

CORREIA, J. J.; OLIVEIRA, W. C. A definição de energia interna e o enunciado da primeira lei da termodinâmica nos livros didáticos. **Revista Binacional Brasil**, Vitória da Conquista, v. 7, n. 2, 2018.

DESCARTES, R. **Princípios da filosofia**. Tradução: João Gama. Lisboa: Edições 70, 1997

GALILEI, G. **Dialogues concerning two new sciences**. Tradução: Henry Crew e Alfonso de Salvio. New York: The Macmillan Company, 1939.

GODOY, L.; DELL'AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. **Multiversos: ciência da natureza: matéria, energia e vida: ensino médio**. 1^o ed. São Paulo: Editora FTD, 2020.

GOMES, L. C. A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte I. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 407-441, ago. 2015.

_____. A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte II. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 738-768, dez. 2015.

GONTIJO, L. M. A.; RODRIGUES, C. G. Sobre a evolução do conceito de calor e energia térmica. **História da Ciência e Ensino**, São Paulo, v. 24, p. 19-51, 2021.

HALLIDAY, D. RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 1.

JUNIOR, A. C. S.; SILVA, L. L. A transposição didática do fenômenos da radioatividade em manuais escolares de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 259-287, 2022.

KRAPAS, S. Livros didáticos: Maxwell e a transposição didática da luz como onda eletromagnética. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v.28, n.3, p.564-600, dez. 2011.

KUHN, T. S. A conservação da energia como exemplo de descoberta simultânea.” In: KUHN, T. S. (Org.). **A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e**

- mudança científica.** Tradução: Marcelo Amaral Penna-Forte. São Paulo: Unesp, p. 89-126, 2011.
- LINDSAY, R. B. **Energy: historical development of the concept.** Stroudsburg, Pennsylvania: Halsted Press, 1975.
- MARTINS, R. A. Mayer e a conservação da energia. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, v. 6, p. 63-95, 1984.
- MENDES, H. L. Os números Binários: do Saber Escolar ao Saber Científico. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 41-49, 2017.
- MORTIMER, E. et al. **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: O mundo atual: questões científicas.** 1º ed. São Paulo: Scipione, 2020.
- NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P.; CUNHA, J. A. R. Conceito de massa e a relação massa-energia no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. **Ensenanza de la física**, Córdoba, v. 34, n. 1, p. 9-21, 2022.
- OLIVEIRA, A. R. E. **A evolução do conceito físico de trabalho no contexto das máquinas.** 2006. 289 f. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, C. I. C.; MACHADO, M. A. D.; SOUSA, G. G. Representações de energia que circulam na mídia e sua natureza no contexto da educação em ciências. **Interação**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 149-169, 2015.
- PAPADOURIS, N.; CONSTANTINO, C. P. A Philosophically Teaching Informed Teaching Proposal on the Topic of Energy for Students Aged 11-14. **Science and Education**, Nova Iorque, v. 20, p. 961-979, 2011.
- PARMA, M.; BRUGNAGO, E. L.; BELLUCO, A. Replanejando uma sequência de ensino investigativo sobre conservação de energia. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 5, p. 92-114, 2018.
- PEREIRA, R. C.; PAIVA, M. A. V.; FREITAS, R. C. O. Vigilância epistemológica de Chevallard em um estudo de caso sobre o conceito de divisibilidade em uma turma do 6º ano do ensino fundamental. In: Encontro Nacional de Educação Matemática, 7., 2016, São Paulo. Anais [...] São Paulo, 2016, p. 1-11.
- SANTOS, K. C. (ed.). **Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor.** 1º ed. São Paulo: Moderna, 2020.

SILVA, et al. Proposta de análise praxeológica de noções de química em documentos oficiais e livros didáticos. **Ciência & Educação**, Bauru, v.26, p. 1-12, 2020.

SILVA, L. A.; NETO, J. E. S. Perfil ciencimétrico sobre a abordagem do conceito de energia em trabalhos publicados no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). **Pesquisa e Ensino**, Barreiras, v.2, p. 1-27, 2021.

SOBRINHO, M. F; CARNEIRO, M. H. S. Newton e a decomposição da luz solar em um prisma: o que trazem os livros de ensino médio? **REnCiMa**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 35-55, 2014.

SOUZA, L. O.; NETO, J. E. S.; LIMA, A. P. A. B. O Contrato Didático em aulas de Energia no Ensino da Química e da Física. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 3, p.4-20, 2017.

TATAR, E.; OKTAY, M. Students' Misunderstandings about the Energy Conservation Principle: A General View to Studies in Literature. **International Journal of Environmental & Science Education**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 79-81, 2007.

THIARA, A. C. et al. Transposição didática: A radiação do corpo negro nos livros didáticos do PNLD 2018. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 16, n. 1, p. 1308-1 - 1308-10, 2022.

THOMPSON, M. et al. **Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor**. 1^o ed. São Paulo: Moderna, 2020.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros** – v. 1, ed. 6. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

YAMAZAKI, S. C.; ANGOTTI, J. A. P.; DELIZOICOV, D. Aprender como ensinar física através do livro texto de ciclo básico universitário: um fenômeno didático em questão. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Amazônia, v. 13, n. 28, p. 5-22, 2017.

ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. (ed.). **Ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: energia e transformações**. 1^o ed. São Paulo: Edições SM, 2020.