



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

BRUNO GARCIA BONFIM

**O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA NOS
LIVROS DIDÁTICOS:
UMA ANÁLISE DE CONTEÚDOS**

Londrina
2015

BRUNO GARCIA BONFIM

**O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA NOS
LIVROS DIDÁTICOS:
UMA ANÁLISE DE CONTEÚDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Irinéa de Lourdes Batista.

Londrina
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B713p Bonfim, Bruno Garcia.
O princípio de conservação da energia nos livros didáticos : uma análise de conteúdos / Bruno Garcia Bonfim. – Londrina, 2015.
89 f. : il.

Orientador: Irinéa de Lourdes Batista.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Princípio de conservação da energia – Teses. 2. Física (Ensino médio) – Livros didáticos – Teses. 3. Ciência – História – Teses. 4. Ciência – Filosofia – Teses. I. Batista, Irinéa de Lourdes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 50:37.02

BRUNO GARCIA BONFIM

O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA NOS LIVROS

DIDÁTICOS:

UMA ANÁLISE DE CONTEÚDOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina como requisito para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Irinéa de L. Batista
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Eliane Maria Oliveira Araman
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR

Prof. Dr. Osmar Henrique
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 05 de fevereiro de 2015.

Dedico este trabalho a Deus, meus pais e amigos que me apoiaram ao longo dessa trajetória, sem os quais não conseguiria realizá-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Ele que me forneceu a força e o equilíbrio necessário para cumprir essa obra.

A Prof^a. Irinéa de Lourdes Batista, pela orientação, motivação, inspiração e por caminhar ao meu lado durante os períodos mais difíceis dessa jornada.

A todos os pesquisadores do grupo IFHIECEM (Investigações em Filosofia e História da Ciência, e Educação em Ciências e Matemática), que contribuíram de maneira direta ou indireta neste trabalho.

Aos meus colegas de turma que proporcionaram momentos únicos, os quais fortaleceram conhecimentos na área de Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Aos meus pais Isael e Margarida, e ao meu irmão, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, não deixando eu esquecer do quão importante era esse compromisso.

A minha noiva Jéssica, que me apoiou dando força e motivação em momentos difíceis, além de me auxiliar nas correções textuais.

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

BONFIM, Bruno Garcia. **O Princípio de Conservação da Energia nos Livros Didáticos**: uma Análise de Conteúdos, 2014. 89 f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

Este trabalho tem como proposta investigar como o Princípio de Conservação da Energia (PCE) está abordado nos Livros Didáticos de Física do Ensino Médio. E visa encontrar fragmentos com abordagens da História e Filosofia da Ciência (HFC), e elementos da Natureza da Ciência (NdC). Desse modo, buscamos tipificar quais Histórias e elementos da Natureza das Ciências estão participando do contexto do PCE. Para tanto, utilizaremos uma abordagem metodológica baseada na Análise de Conteúdos da Lawrence Bardin, a fim de unitarizar os fragmentos presentes nos LD e como esses estão relacionados nos critérios presentes no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012 e Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Além disso, esse estudo faz uso também de fundamentos da HFC e NdC, de modo a balisarem a interpretação e tipificação dos fragmentos textuais. Um resumo histórico do PCE foi construído de maneira a orientar a busca de fragmentos que se relacionassem com o desenvolvimento do PCE. A partir dessas interpretações pretende-se apresentar quais concepções estes livros promovem acerca das perspectivas atuais da educação científica crítica.

Palavras-chave: Princípio de Conservação da Energia. Livros Didáticos de Física. Análise de Conteúdo. História e Filosofia da Ciência e Natureza da Ciência.

BONFIM, Bruno Garcia. **The Principle of Conservation of Energy in Textbooks: an Analysis of contents.** 2014. 89 p. Science Teaching and Mathematics Education Master Thesis – Center of Sciences, State University of Londrina, Londrina, 2014

ABSTRACT

This work has the proposal to investigate the Principle of Energy Conservation (PEC) discussed in Physics textbooks of High School. It seeks to find fragments with History and Philosophy of Science (HPS) approaches and also elements of Science Nature (SN). Therefore, we seek to typify which histories and elements of the Science Nature are participating in the context of PEC. Accordingly, we use a methodology based on content analysis of Lawrence Bardin's approach to unite the present fragments in the textbooks, as well as, how these are related to the actual criteria in the National Program of textbook 2012 and National Curriculum Guidelines. Furthermore, this study also makes use of History and Philosophy of Science and Science Nature fundamentals, so ground they beacon the interpretation and classification of textual fragments. A historical overview of PEC was constructed to guide the search for fragments that relate with the development of PCE. From these interpretations, we intended to present which concepts these books promote about the current perspectives of critical science education.

Keywords: Principle of Energy Conservation. Textbook of Physics. Content Analysis. History and Philosophy of Science. Science Nature.

LISTA DE HISTOGRAMAS

Histograma 1 -	Médias obtidas nas avaliações realizadas pelo (IDEB), levando em consideração o ensino Federal, Estadual e Privado do Ensino Médio de todo o país, são consideradas baixas, pois estão distantes da meta, no caso seis (6,0).	15
Histograma 2 -	Rendimento dos estudantes do Nível Médio, a nível nacional, dos conteúdos de Ciências apresentados nas Avaliações do PISA, nas quais esses conteúdos foram separados por nível de aprofundamento na área de Ciência.....	16
Histograma 3 -	Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 1.	66
Histograma 4 -	Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 2.	66
Histograma 5 -	Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 3.	67
Histograma 6 -	Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 4.	67

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Sadi Carnot aos 17 anos com uniforme da Ecole Polytechnique, em 1813.	33
Figura 2 -	Benjamin Thompson (1753 – 1814) Investigou a natureza do calor, por volta de 1798.	36
Figura 3 -	Representação da direção do calor radiante segundo Pictet.....	37
Figura 4 -	Representação da direção do calor radiante segundo Pictet para o experimento da aparente radiação do frio.	37
Figura 5 -	Julius Robert Mayer (1814 – 1878), auxiliou nas investigações que culminaram no 1º princípio.....	39
Figura 6 -	James Prescott Joule (1818 – 1889) foi um grande cientista experimental nos domínios do calor e da eletricidade.	41
Figura 7 -	Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768 – 1830), autor da equação de propagação do calor.	42
Figura 8 -	(a) as duas polias e um rolo (b) eixo de aparelho de atrito vertical, (c) eixo do aparelho de atrito na horizontal, (d) vaso de cobre na qual o aparelho gira firmemente equipado com dois buracos na tampa.	43
Figura 9 -	H. von Helmholtz (1821 -1894) Conhecido por enunciar o principio de conservação da “força”, atualmente denominado princípio de conservação da energia.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Concepções de energia do senso comum.....	26
Quadro 2 -	Livros didáticos analisados	48
Quadro 3 -	Quantidades por coleção selecionada distribuídas no território nacional.	49
Quadro 4 -	Unitarização da Coleção 1	59
Quadro 5 -	Unitarização da Coleção 2.....	60
Quadro 6 -	Unitarização da Coleção 3.....	61
Quadro 7 -	Unitarização da Coleção 4.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
HFC	História e Filosofia da Ciência
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IFHIECEM	Investigações em Filosofia e História da Ciência, e Educação em Ciências e Matemática
LD	Livro Didático
NdC	Natureza da Ciência
PCE	Princípio de Conservação da Energia
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro do Ensino Médio
UC	Unidade de Contexto
UR	Unidade Prévia de Registro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	História e Filosofia da Ciência: Algumas abordagens e seu papel nos Livros Didáticos	15
2.2	Aspectos da Natureza das Ciências e suas presenças nos Livros Didáticos.....	20
2.3	O papel do Livro Didático no Ensino e Aprendizagem de Física	23
2.4	Concepções acerca do Ensino do Princípio de Conservação da Energia.....	26
3	UM RESUMO HISTÓRICO SOBRE O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA	31
3.1	Quem sou eu, <i>Vis viva</i> , <i>Calórico</i> ou <i>Energia</i> ?	31
4	APORTES TEÓRICO-METODOLÓGICOS PARA A ANÁLISE PROPOSTA	47
4.1	A Escolha dos Livros Didáticos.....	47
4.2	As Abordagens Teórico-metodológicas	49
4.3	A Construção das Unidades de Significação	52
4.4	Análise dos Dados	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
5.1	<i>O corpus</i>	58
5.2	As análises.....	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE DOS DADOS	89

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo levanta alguns questionamentos sobre o papel dado ao Princípio de Conservação da Energia (PCE) nos livros didáticos mencionados no último Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), editado em 2012 e vigente atualmente. Portanto, para delinear tais intenções dessa pesquisa, lançamos um dos questionamentos:

Por que investigar a participação do PCE nos livros didáticos (LD) de Física e suas relações com aspectos da História e Filosofia da Ciência (HFC) e aspectos da Natureza da Ciência (NdC)?

Para clarificar esse questionamento, gostaríamos de expor alguns pontos sinalizados na literatura e dificuldades encontradas pelo autor acerca desse tema. Os autores (NORDINE et. al. 2010; TRUMPER, 1991 e 1993; SOLOMON, 1985; PEREZ-LANDEZÁBAL et. al., 1995; HIGA, 1988; HENRIQUE, 1996; SOUZA FILHO, 1987) mencionam uma coleção de significados, imprecisos e distorcidos, atribuídos pelos estudantes ao termo energia, se comparados com as concepções atualmente aceitas. Por outro lado, os materiais didáticos, tais como livros e apostilas, oferecidos pelas escolas privadas e públicas, apresentam essa temática de modo sucinto e objetivo. Na perspectiva do autor, essa apresentação pode de algum modo, contribuir para a resolução de problemas propostos, tais como exercícios e questões de vestibulares. Entretanto tal perspectiva pode fortalecer concepções alternativas, empobrecendo a visão do estudante sobre a Ciência, além de ocultar os processos inerentes a racionalidade científica. Tais percepções somente vieram surgir após o ingresso no programa de Mestrado e no grupo de Investigações em História e Filosofia da Ciência e Educação Matemática (IFHIECEM), no qual discussões, diálogos e diversas leituras deixaram “lacunas” nas crenças do autor sobre muitos temas na área de Física, inclusive o tema em questão. O contato com o trabalho de autores como: Michael R. Matthews, Thomas S. Kuhn, Norman Lederman, Gaston Bachelard, Yves Chevallard, Michel Paty, Irinéa de Lourdes Batista, entre outros, mostraram algumas possibilidades e perspectivas oferecidas pela área de ensino de ciências, bem como, alternativas metodológicas para construção de abordagens didático-científicas. Abordagens que promovam a aproximação de estudantes à investigação científica, de maneira a desenvolver um contato orientado, auxiliando a alfabetização científica desses

estudantes. Somente após tal concepção, fomos capazes de perceber quais caminhos proporcionaríamos o preenchimento de tais “lacunas”.

Deste modo, o questionamento torna a abordagem do tema “Princípio de Conservação de Energia” (PCE) realizada pelos Livros Didáticos (LD) o objeto de estudo dessa investigação. Busca-se nessa pesquisa evidenciar fragmentos textuais, presentes nos LD, que possuam relações com perspectivas Histórico-Filosóficas da Ciência (HFC), bem como, com aspectos da Natureza da ciência (NdC), os quais se associam aos aspectos mencionados nas avaliações realizadas pelo PNLD. Nessa trajetória, utilizar-se-á como lente de análise, a metodologia de Análise de Conteúdos de Lawrence Bardin (1977).

Diversos estudos mencionam que a presença da HFC no Ensino Médio pode propiciar um ambiente investigativo, no qual aproxime o estudante do objeto de estudo sem ocultar o papel criativo, inferencial, hipotético-dedutivo, humano entre outros aspectos inerentes à Natureza da Ciência.

Acreditamos que tais elementos, se presentes nos livros didáticos, auxiliam os professores em suas abordagens didáticas em sala de aula, além de divulgar de maneira mais próxima da realidade como se dá a construção da ciência. Nesse sentido, essa pesquisa perfaz a seguinte investigação:

De que modo está posto o tema “Princípio de Conservação da Energia” nos Livros Didáticos e quais perspectivas estão sendo adotadas para esse tema? Que tipos de abordagens Histórico-Filosóficas e de elementos da natureza da ciência podem ser identificados nos Livros Didáticos acerca desse princípio?

Muitas pesquisas mencionam o papel norteador que o PCE possui na área de Ciências. Alguns pesquisadores (LEDERMAN, 1998; DOMÉNECH, J. L. L 2003; GIL- PÉREZ, 2005; ORTIGOZA et al 2010) consideram-no como sendo unificador, generalizante e com potencial para promover discussões qualitativas e quantitativas através das áreas de Ciências.

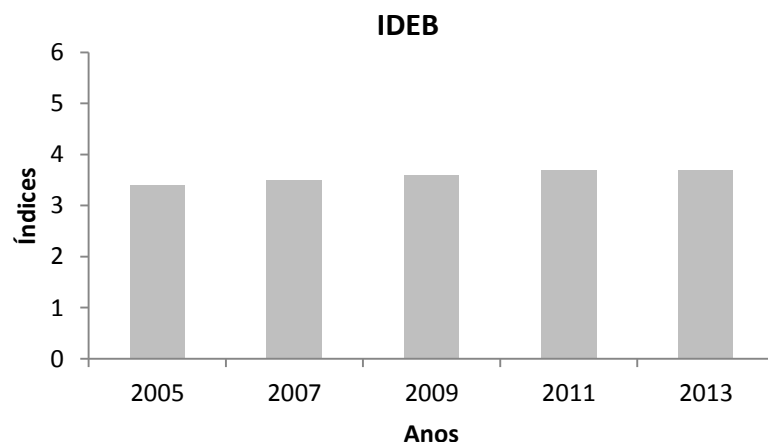
No intento de apresentar a pesquisa, o texto encontra-se dividido em cinco capítulos, sendo eles: Fundamentação Teórica, Resumo Histórico do Princípio de Conservação da Energia, Aportes Teórico- Metodológicos, Resultados e Discussões, e Considerações Finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

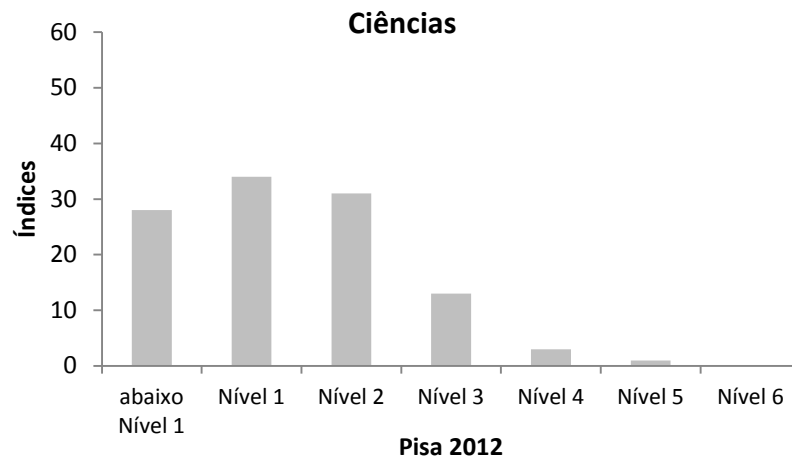
2.1 História e Filosofia da Ciência: Algumas abordagens e seu papel nos Livro Didáticos

Muitas abordagens no ensino de ciências foram realizadas ao longo de décadas, de modo desassociado da história e filosofia da ciência (DUSCHL, 1986). Entretanto, após os programas de desenvolvimento do ensino de ciências, realizados principalmente nos Estados Unidos da América e Europa, muito da teoria e prática desse ensino foi enriquecido com as abordagens realizadas com o viés Histórico-Filosófico, promovendo a produção de materiais didáticos mais relacionados com o desenvolvimento da ciência.

Sabe-se que o ensino, em sua essência, vivencia uma crise, a qual a evasão de estudantes é latente, principalmente nas áreas de Física, Matemática, Biologia e Química, e que podemos dizer o mesmo com relação aos centros de formação de professores. Os quais muitos, futuros professores, nem chegam a completar suas licenciaturas ou bacharelados, evadindo-se da área de ensino, seja ela básica ou superior. Na mesma direção, diversos exames nacionais, como por exemplo, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e internacional como o Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA), apresentam baixos índices e de algum modo associados com o desinteresse pelas áreas das Ciências, sendo essas: Física, Química, Matemática e Biologia. Observe os histogramas (a) e (b) abaixo.



Histograma 1. Médias obtidas nas avaliações realizadas pelo (IDEB), levando em consideração o ensino Federal, Estadual e Privado do Ensino Médio de todo o país, são consideradas baixas, pois estão distantes da meta, no caso seis (6,0).



Histograma 2. Rendimento dos estudantes do Nível Médio, a nível nacional, dos conteúdos de Ciências apresentados nas Avaliações do PISA, nas quais esses conteúdos foram separados por nível de aprofundamento na área de Ciência.

É notável, no histograma 1, o baixo desempenho dos estudantes brasileiros ao longo dos anos. Além disso, percebe-se que estamos muito distantes da média sugerida, no caso seis (6,0). Tais rendimentos podem estar associados a abordagens tradicionais do ensino, as quais valorizam a memorização, são descontextualizadas e fazem poucas relações com o cognitivo do aprendiz. Observa-se ainda, no histograma 2, o baixo rendimento dos estudantes perante a área de Ciências, principalmente quando os questionamentos são aprofundados, nos quais relacionam processos inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico, e abordam mais de uma frente da ciência.

Todavia a História e Filosofia da Ciência (HFC) não possuem todas as respostas para essa crise, mas poderá responder algumas, por meio da humanização da ciência, trazendo os conceitos científicos por abordagens que apresentam seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, demonstrando a subjetividade e mutabilidade de empreendimentos científicos, além de contribuir para noções acerca dos métodos científicos empregados em uma investigação (MATHEWS, 1995). Alguns autores (BATISTA, 2004; 2013; LAVAQUI; BATISTA, 2007; SALVI; BATISTA, 2008) assumem a perspectiva de que a HFC pode promover uma aprendizagem crítica e reflexiva, se inserida no ambiente de sala de aula.

Em paralelo a esse argumento, programas como PNLD e PCN+ estimulam e orientam a contextualização por meio da narrativa histórica,

A Física escolar deve contemplar, portanto, não só a escolha cuidadosa dos elementos principais mais importantes, presentes na estrutura conceitual da Física como uma disciplina científica, uma área do conhecimento sistematizado, em termos de conceitos e definições, princípios e leis, modelos e teorias, fenômenos e processos; mas deve incorporar um tratamento articulado desses elementos entre si e com outras áreas disciplinares, bem como com aspectos históricos [...] (PNLD, 2012, p.8)

Inclusive possuem critérios os quais selecionam livros didáticos que contemplem, tais como:

- A autonomia intelectual e pensamento crítico;
- A compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos, relacionando teoria com a prática no ensino;
- O reconhecimento que todo conhecimento mantém diálogo permanente com os outros conhecimentos;
- A utilização de vocabulário científico como um recurso que auxilia a aprendizagem das teorias e explicações científicas;
- O uso da história da ciência integrado à construção dos conceitos desenvolvidos, evitando resumi-los a biografias de cientistas ou descobertas isoladas;
- O uso de abordagens do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estejam em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas.

Dessa forma, esses programas tentam garantir a distribuição de material didático que contenham alguns episódios históricos e aspectos inerentes à natureza da ciência.

É necessária que tal inserção seja cuidadosa na forma histórico-filosófica, a fim de contemplar características essenciais do conhecimento científico, bem como dos processos que envolvem seu desenvolvimento. Esse estudo reconhece a dimensão da informação histórica disponível, e sabe que é inevitável o uso de recortes, seleções de fatos, e eventos que destacam determinados momentos do desenvolvimento da Ciência. Nesse sentido, faz-se necessário que o educador de Ciência reconheça alguns tipos de abordagens históricas, tais como: quase-história, pseudo-história, reconstruções racionais, linear, biográfica e anacrônica, para assim orientá-lo na seleção de perspectivas que atendam o viés

historiográfico desejado, de maneira a evitar enfoques biográficos, lineares ou cerceada de ficções que não contribuam para a compreensão e ensino da construção da ciência, e distorçam a integridade do episódio ou registro histórico.

No intento de apresentar algumas discussões a respeito das abordagens históricas citadas, foram selecionados alguns autores que se referiram a algumas características a respeito.

Para Whitaker, a quase-história e a pseudo-história são, respectivamente:

[...] o resultado de muitos e muitos livros cujos autores sentiram a necessidade de dar vida aos registros desses episódios usando um pouco de história, mas que de fato, acabavam reescrevendo a história de tal forma que ela segue lado a lado com a física.

[...] aquela a qual seleciona fatos, com a finalidade de ensinar conceitos científicos – mas resultando em algo que deixa de ser história. (WHITAKER, 1979, p.109).

Nesse cenário Whitaker apresenta-se contrário ao uso de fragmentos históricos contidos em livros com pouca fidedignidade histórica, e diferencia o termo quase-história e pseudo-história, assumindo-os como distorção e simplificação, respectivamente. Deste modo, Whitaker (1979) esclarece que a “Quase-História” trata-se de uma organização cronológica até o presente, de episódios do passado, na qual exclui, devido a ideologia científica do narrador, erros de grandes cientistas, de modo a enaltecer o perfil genial do cientista.

Outro expoente das discussões do uso de abordagens da História da Ciência, Martin Klein, afirma que:

[...] a história da física não pode ser recortada, selecionada, e moldada com o objetivo de incorporá-la a um curso de física, sem que ela seja transformada, nesse processo, em alguma coisa menos do que história. (KLEIN, 1972, p.54)

Klein assume assim a visão, considerada “purista”, aludindo que qualquer recorte realizado na história “interna” ou “externa” da ciência torna a abordagem desqualificada do contexto histórico. Considera-se, neste campo, história interna como a que concebe o desenvolvimento do conhecimento científico a partir de questões intrínsecas à racionalidade científica. Já a história externa repousasse em fatores psicossociais, sociais e culturais relacionados ao desenvolvimento do

conhecimento científico (LAKATOS, 1979).

Com relação à moldagem histórica, Allchin (2004) menciona que este tipo traz perspectivas históricas permeadas de romantismo e dramatização, quase sempre inflamadas e falseadas para valorizar aspectos pouco relacionados ao conhecimento científico. Muitas vezes contribuem de forma alusiva para a crença de experimentos cruciais, e excluem as problematizações e processos de modelagens que circundam a construção dos experimentos históricos.

Matthews (1994), ao analisar as falas de Whitaker e Klein, sugere que a história construída por historiadores da ciência e educadores da ciência não podem ser julgadas pelos mesmos critérios. Assim um episódio histórico, um evento ou uma seleção de fatos históricos, com finalidade didática não resultariam necessariamente numa pseudo-história. Na visão de Matthews, a simplificação histórica empregada possui objetivo diferente, estando relacionada diretamente com a aprendizagem do estudante. Nesse contexto, o reconhecimento de abordagens e a construção de materiais didáticos com caráter historiográfico, mesmo com “inevitáveis distorções” devem resultar em um benefício didático, e não em um prejuízo.

Além dessas outras abordagens históricas correntes são a biográfica e o anacronismo. A primeira é centrada no indivíduo, muitas vezes enaltecendo suas conquistas e sua representação social. O episódio histórico passa desse modo, a ser visto através da perspectiva de um indivíduo (LE GOFF, 1989). A segunda abordagem encara fatos do passado a luz dos conhecimentos estabelecidos no presente. Muitas vezes atribuem modelos ou teorias físicas a períodos incompatíveis com o desenvolvimento científico, o que contribui para produção de interpretações equivocadas, distorcidas ou falsas (MARTINS, 2009).

Destarte, assumimos que materiais didáticos, mesmo que utilizem de diferentes visões da história, não devem corroborar com distorções conceituais, com imprecisões epistemológicas, nem ocultar o papel da NdC. Acreditamos que tais elementos possam estar presentes em qualquer tipo de abordagem histórica, seja ela um recorte, um evento, um episódio ou uma narrativa.

2.2 Aspectos da Natureza das Ciências e suas presenças nos Livros Didáticos

O uso de aspectos da Natureza da Ciência (NdC), no campo da educação científica, veem crescendo desde a década de noventa, com os avanços nas reformas curriculares (MATTHEWS, 1998). No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e o PNLD adequaram-se em alguns aspectos a essas reformas, inserindo em seus textos a necessidade da abordagem de concepções acerca da NdC, principalmente por contribuir para a alfabetização científica. Pode-se observar um fragmento textual da DCN (2013), o qual apresenta uma noção acerca do desenvolvimento do conhecimento científico:

A ciência, portanto, que pode ser conceituada como conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade, se expressa na forma de conceitos representativos das relações de forças determinadas e apreendidas da realidade. O conhecimento de uma seção da realidade concreta ou a realidade concreta tematizada constitui os campos da ciência, que são as disciplinas científicas. Conhecimentos assim produzidos e legitimados socialmente ao longo da história são resultados de um processo empreendido pela humanidade na busca da compreensão e transformação dos fenômenos naturais e sociais. Nesse sentido, a ciência conforma conceitos e métodos cuja objetividade permite a transmissão para diferentes gerações, ao mesmo tempo em que podem ser questionados e superados historicamente, no movimento permanente de construção de novos conhecimentos. (DCN, 2013, p. 162)

Infelizmente, décadas de pesquisa demonstraram que os professores e alunos não possuem concepções adequadas da NdC (LEDERMAN, 1992; KHALICK e LEDERMAN, 2000; GIL-PEREZ et al, 2001 e 2008). Tal falta de compreensão afeta negativamente o que os professores ensinam sobre ciência. Além disso, diversos estudos mostram uma série de distorções divulgadas por meio de materiais didáticos, textos, exercícios, entre outros, os quais ocultam diversas características inerentes à atividade científica, tais como: problematizações, erros, conhecimentos qualitativos prévios ao desenvolvimento da investigação empírica, participações de grupos de cientistas em processos de investigação, entre outras. Consideramos tais características importantes para evitar a divulgação de uma ciência puramente racional, infalível e construída por “gênios solitários” (GIL-PEREZ, 2008).

O ensino de ciências com a orientação da NdC pode contribuir para uma

visão desmistificada da atividade científica. Segundo Matthews (1997), a NdC é inerente à muitas questões críticas no ensino de ciências, essas incluem, a clarificação de debates a respeito do evolucionismo/criacionismo, as relações entre ciência e religião, e a delimitação das fronteiras entre ciência e não-ciência. Outros autores como Lederman (1999) relatam que o ensino acerca da NdC estimula o interesse dos estudantes sobre a Ciência e desenvolve consciência dos impactos da ciência na sociedade (DRIVER et. al. 1996). Além disso, tal perspectiva estimula a ideia da ciência ser um processo dinâmico de construção e elaboração de teorias (PAPADOURIS; CONSTANTINOU, 2010). Assim, essa orientação auxilia os estudantes a desenvolverem visões sobre o que é ciência, incluindo o tipo de perguntas que a ciência pode responder; como a ciência se difere de outras disciplinas, os pontos fortes e limitações do conhecimento científico (BELL, 2008).

Desta forma, podemos justificar o papel dos aspectos da NdC na educação científica, sendo relevante mencionarmos aqui quais aspectos desse conceito multifacetado abordaremos. A NdC trata de elementos complexos que desafiam uma definição simples, ou seja, uma síntese não é capaz de contemplar os conhecimentos como um todo. Pesquisadores em NdC (LEDERMAN, 1992) assinalam que este tema é permeado por aspectos da História, da Filosofia, da Sociologia e da Ciência, além de embarcar características inerentes a atividade científica. Muitos educadores da ciência têm convergido para um conjunto de aspectos da NdC que vêm potencialmente auxiliando o desenvolvimento da alfabetização científica (LEDERMAN, ABD-EL-KHALICK, BELL e SCHWARTZ, 2002; OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR e DUSCHL, 2003). A seguir apresentamos os aspectos que serão abordados neste estudo:

1) Caráter provisório: Todo o conhecimento científico está sujeito à mudança à luz de novas evidências e novas maneiras de pensar, até mesmo as leis científicas podem mudar. Entretanto, ideias novas são recebidas com um olhar cuidadoso, principalmente se contradizem conhecimentos estabelecidos. Superado o conhecimento posto, este passa a responder pelas perguntas que o anterior respondia, além de responder novos questionamentos, deixando em aberto outros. É evidente que muitas ideias na Ciência sobrevivem longos períodos antes de serem substituídas. Assim, é razoável ter confiança no conhecimento científico, mesmo percebendo que tais conhecimentos possam mudar no futuro.

2) Evidência empírica: Sabe-se que o conhecimento científico possui

dependência de evidência empírica. Empírico refere-se tanto aos dados quantitativos quanto a qualitativos.

3) Observação e inferência: É sabido que a Ciência envolve mais do que o acúmulo de inúmeras observações, mas sim, é derivada de uma combinação organizada dessas observações, realizadas por visões treinadas teórico-metodologicamente, e de inferências, as quais se relacionam às explicações em processo, ou seja, que estão se constituindo ao longo da investigação.

4) Leis e teorias científicas: Em Ciência, uma lei é uma descrição sucinta das relações ou padrões na natureza, essas consistentemente observadas na natureza. As leis são frequentemente expressas em termos matemáticos. Para Batista (1999) são modelos que percebem regularidades específicas nas relações das entidades estudadas. Uma teoria científica é uma entidade constituída de uma coleção de modelos científicos (BATISTA, 1999). Morgan e Morrison (1999) compreendem teorias como sistematizações explicativas que, por meio de princípios gerais, governam amplos grupos de fenômenos.

5) Métodos científicos: Trata-se de abordar questionamentos, discussões e investigações científicas, de maneira a evidenciar o uso de uma diversidade de metodologias no campo da Ciência. Dessa forma, mostrando as atividades investigativas das comunidades científicas, envolvendo a observação, experimentação, inferência, entre muitas outras.

6) Criatividade: Trata-se de um elemento inerente ao humano e a atividade científica. Uma fonte de inspiração para a Ciência. Muito utilizada pelos cientistas ao longo de suas investigações.

7) Objetividade e Subjetividade: Esses elementos buscam apresentar a participação de crenças pessoais, intuição e valores da sociedade, que acabam participando do desenvolvimento do empreendimento científico. Mesmo que o investigador busque, por meio de revisão pelos pares, a objetividade.

Os conceitos listados acima, podem parecer desconectados no início, porém, uma análise mais aprofundada revela que eles pertencem a um grande “guarda-chuva” de elementos da Natureza da Ciência, nos quais este trabalho possui o intento de localizar sua presença nos LD acerca do tema proposto.

2.3 O papel do Livro Didático no Ensino e Aprendizagem de Física

O livro didático tem assumido um papel norteador das atividades e práticas docentes utilizadas na sala de aula em diversos países (CAMPANÁRIO, 2001; 2004). Na última década, muitos documentos oficiais do Ministério da Educação apontaram sua relevância nos processos de ensino e aprendizagem (PNLD, 2012; PNLEM 2013, PCN+ 2012). Não obstante, o uso desse recurso deve dar-se de modo cuidadoso e permeado de um repertório metodológico (FEYEABEND, 1977), haja vista tratar-se de apenas uma das diversas fontes de conhecimento, as quais o professor deve orientar suas práticas. O seu uso, numa perspectiva ingênua, pode influenciar visões acerca da construção do conhecimento, que fortaleçam concepções acerca do conhecimento com *status* de verdadeiro, neutro, imparcial entre outras.

A influência do livro didático tanto na aprendizagem dos estudantes como na prática docente, envolvendo desde as escolhas das atividades até a sequência de conteúdo e avaliações de aprendizagens que serão empregadas, é uma característica já evidenciada por alguns autores (CAMPANÁRIO, 2001; 2004; AMARAL, 2006; SELLES E FERREIRA, 2004; APPLE, 1995). Entretanto, pesquisas na área de ensino de ciências têm mostrado diversas práticas docentes permeadas por mais de uma metodologia, ou seja, o docente assumindo uma perspectiva pluralista-metodologia, o qual o mesmo possui uma espécie de repertório metodológico (FEYEABEND, 1977; GIÉRE, 2003). Essa perspectiva está presente nos discursos desses documentos governamentais e mostram-se como um meio condutor relevante entre o conhecimento científico e o ensino e aprendizagem.

[...] enquanto a escola se prende às características de metodologias tradicionais, com relação ao ensino e à aprendizagem como ações concebidas separadamente, as características de seus estudantes requerem outros processos e procedimentos, em que aprender, ensinar, pesquisar, investigar, avaliar ocorrem de modo indissociável. Os estudantes, entre outras características, aprendem a receber informação com rapidez, gostam do processo paralelo, de realizar várias tarefas ao mesmo tempo, preferem fazer seus gráficos antes de ler o texto [...] (DCN, 2013, p.25)

[...] estimula o professor a continuar investindo em sua própria aprendizagem, ampliando os seus conhecimentos de e sobre Física, bem como sobre as múltiplas formas de desenvolver as suas atividades de ensino. (PNLD, 2012, p.17)

Organiza-se – tanto do ponto de vista dos volumes que compõem a coleção, quanto das unidades estruturadoras de cada um desses volumes – de

forma a garantir a progressão gradual das abordagens conceituais e metodológicas no processo de ensino-aprendizagem. (PNLD, 2012, p.19)

Todavia, estudos recentes com professores da área de ciências sinalizam que as práticas atuais, principalmente na área de física, são enviesadas pela supervalorização do conteúdo, abordagens descontextualizadas e carregadas de repetições de exercícios. Percebe-se que tal persistência deve-se muito à deficiente formação de professores (VILLANI; PACCA; FREITAS, 2008), e principalmente à reprodução de manuais, apostilas e livros didáticos.

Perspectivas atuais em educação científica compreendem que os estudantes devem perceber o que é Ciência, no sentido de transpassar a atualização e modernização dos conteúdos, favorecendo a compreensão da teorização científica, possibilitando a visualização de processos inerentes ao desenvolvimento científico, a sua construção, assim como sua humanização.

Ao fazermos um paralelo entre a visão de Gaston Bachelard (1996) sobre os obstáculos epistemológicos na formação do espírito científico e as dificuldades assinaladas em diversas pesquisas que aqui citamos, podemos dizer que alguns desses obstáculos são criados quando uma abordagem científica é realizada sem uma estratégia metodológica, sem sustentação de alguns aspectos inerentes à natureza da ciência em questão. Tais abordagens, sem rigor metodológico, possuem características já conhecidas pelo campo do ensino de Ciências, tais como a adoção de uma Filosofia fácil, cercada de um sensualismo mais ou menos declarado ou romanceado, e que afirma suas lições diretamente dos dados empíricos claros, nítidos, seguros e constantes.

Nessa pesquisa buscamos evidenciar que materiais didáticos associados a um ensino que possibilite o contato orientado do estudante com o conhecimento, podem ser um dos elementos formadores da educação científica, em sua completude, abarcando assim aspectos da natureza do conhecimento científico, como previsto nos programas de Física do PNLD e PCN+.

[...] abordagens do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estejam em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas.

[...] uma visão de experimentação coerente com uma perspectiva investigativa, que articule teoria e observação, pensamento e linguagem.

[...] Evita apresentar enunciados de leis, caracterização de teorias ou modelo explicativos, desacompanhados de seus limites de validade ou considera ao apresentar enunciados de leis, caracterização de teorias ou modelos explicativos, sempre que pertinente seus limites de validade. (PNLD, 2012, p. 21)

Percebe-se que a estrutura dos livros de física há muito tempo é cuidadosamente copiada uma das outras, de modo a fornecerem ao estudante uma ciência socializada, imóvel, que, graças a estranha persistência de programas de seleção em universidades chega a passar como natural, o que já não é mais natural. Tal estrutura colabora para que professores façam uso desses materiais de maneira sequencial, ou seja, usam capítulos a capítulos, passando a imagem de uma ciência fragmentada, compartimentada e superficial.

Acreditamos que para emergirmos dessa superfície, a qual atualmente tange o imenso mar do conhecimento científico e o seu ensino, as abordagens e os materiais didáticos devem estimular o aprendiz a se voltar contra a Natureza, a ir de encontro ao que se observa e interpor-se entre suas convicções e a Natureza, ou seja, posicionar-se contra o que está posto de modo corriqueiro. Bachelard (1996) afirma que a formação do espírito científico deve se dar enquanto se reforma. Além disso, o mesmo afirma que só se pode aprender com a Natureza se buscarmos as essências naturais e organizarmos os fenômenos baralhados. Tais ideias vão ao encontro das diversas perspectivas Históricas e Filosóficas, de práticas docentes metodológicas e dos aspectos assinalados nos PNLD e PCN+ da Física.

Contudo, assumimos que o ensino do conhecimento científico além de considerar os aspectos acima referidos deve, antes de qualquer metodologia, certificar-se que o conceito abordado está carregado de aspectos inerentes à natureza da ciência, e, portanto devem ser aclaradas tais características. Essa abordagem não deve ser conduzida de maneira desarticulada de alguma perspectiva histórica e/ou filosófica, pois trata de empreendimentos humanos, com propósito de resolver problemas de interesse em um dado momento histórico. (OTERO, 1985; OTERO e BRINCONES, 1987; BURBULES e LINN, 1991; GIL et al. 1991; HODSON, 1992; CAMPANÁRIO e MOYA, 1999)

2.4 Concepções acerca do Ensino do Princípio de Conservação da Energia

A maioria dos estudantes tem contato com o termo "energia" muito antes de entrar em uma sala de aula de Ciências. Diversos ambientes informais acabam passando impressões pouco precisas a respeito desse conceito e, portanto, alimentam ideias das quais não se relacionam com as concepções produzidas pela Ciência. Nordine et al (2010) mencionam que a maioria das concepções alternativas dos estudantes a respeito da energia se relaciona às perspectivas: antropocêntrica (associada diretamente aos seres humanos), de depósito (alguns objetos a possuem enquanto outros necessitam dela), de ingrediente (a energia está adormecida dentro dos objetos e pode ser liberada por algum tipo de gatilho), de atividade (associada a exibições ostensivas), de produto (atua por um período curto devido ser subproduto de alguma situação), funcional (a energia é um tipo de combustível muito geral para dispositivos técnicos) e transferência de fluxo (de transferir um fluido físico em determinados processos). Outras pesquisas (TRUMPER, 1991 e 1993; SOLOMON, 1985; PEREZ-LANDEZÁBAL et al, 1995; HIGA, 1988; HENRIQUE, 1996; SOUZA FILHO, 1987) apresentam resultados similares a respeito das concepções de energia do senso comum. Já Teixeira e Assis (2003) construíram o seguinte quadro reunindo algumas concepções de energia de diferentes estudos acerca do senso comum

Quadro 1: Concepções de energia do senso comum

Autor	Nível ou Idade	Características do conceito de energia
TRUMPER (1991)	Médio	<p>Energia como causa para que ocorra um processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eletricidade precisa de energia para realizar trabalho; - energia produz eletricidade; - energia aquece água; - energia produz calor e fogo; - calor é uma forma de energia que pode ser utilizada para criar novos processos (inflar um balão); - energia faz as coisas trabalharem; - energia faz as coisas se moverem; <p>Energia como produto de um processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eletricidade produz energia; - estação de energia produz energia elétrica; - estação de energia produz energia de muitas maneiras diferentes; - radiador produz energia também na forma de calor; - óleo consome oxigênio e produz energia na forma de calor; <p>Transformação de energia:</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - energia se transforma em outro tipo de energia; - energia elétrica é transformada em calor, que aquece o filamento da lâmpada e a luz acende; - na queda da água tem-se energia potencial gravitacional, que produz energia elétrica para a obtenção do calor e da energia luminosa.
TRUMPER (1993)	<p>5° série</p> <p>5° e 6° série</p> <p>6° série</p> <p>7° e 8° série</p> <p>9° série</p>	<p>Energia associada principalmente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - atividades humanas e esforço (antropocêntrica); - força. <p>Energia definida como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - causa de um processo; - produto de um processo; - um elemento antropocêntrico; - armazenada dentro dos objetos (depósito). <p>Energia associada à:</p> <ul style="list-style-type: none"> - força e eletricidade; <p>Energia associada à:</p> <ul style="list-style-type: none"> - causa de um processo; - força e eletricidade. <p>Energia associada ao:</p> <ul style="list-style-type: none"> - produto de um processo; - força e eletricidade.
HIGA (1988)	Médio	<p>Energia como propriedade da matéria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - permite a materialização da ação; - energia é a capacidade de produzir trabalho através da força. <p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sinônimo de força; - sinônimo de potência; - sinônimo de trabalho; - ligada ao movimento; <p>Calor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sinônimo de aquecimento e quente; - associação entre calor e energia; - calor sinônimo de temperatura; - responsável pela realização de trabalho, gerando movimento. <p>Transformação de energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - energia cinética, energia mecânica, energia elétrica, realiza trabalho de alguma forma; - energia elétrica e energia térmica.
HENRIQUE (1996)	14 a 18 anos	<p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - associada ao homem; - agente causal; - produto de um processo; - associada ao movimento: energia identifica com a própria ação; - associada à tecnologia: energia elétrica e calor; - energia é materializada: armazenada em determinados corpos e transferida em certos processos.

		<p>Conservação da energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a concepção de energia como algo que se conserva, possui natureza mais figurativa do que quantitativa, associada à ideia de uma entidade quase material; - concepção de energia como algo que não se conserva: produzir energia/ consumir energia.
SOUZA FILHO (1987)	Médio e Universitário	<p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - é “algo” que está em todos os fenômenos que ocorrem na natureza e com o homem; - está ligada ao movimento dos objetos (energia cinética); - é “algo” em potencial nos objetos (energia potencial); - é como uma substância; - é “algo” que se perde ou se adquire; - pode se apresentar como: energia gravitacional, elétrica, magnética, luminosa, sonora, eólica, nuclear, térmica, química, etc.
PÉREZ et al (1995)	15- 16 anos	<p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - associada à força; - associada ao conceito de trabalho; - associada ao movimento; - como ingrediente ou depósito; - funcional; - associada ao homem (antropomórfica).
DEPARTMENT OF MATHS AND SCIENCE EDUCATION (1994)	Não consta	<p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - associada ao que tem vida, esporte, alimentação; - associada ao movimento; - sinônimo de força; - uma espécie de combustível; - faz as coisas acontecerem (fator causal); - capacidade de realizar trabalho. <p>Conservação da Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - energia é “gasta” quando alguma coisa acontece: ocorre um choque de significados entre as afirmações de que a energia está se esgotando no dia a dia e o primeiro princípio da termodinâmica.
SOLOMON (1985)	14 anos	<p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - como fonte de força ou de poder; - ligada à atividade humana (antropocentrismo). <p>Conservação da energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - não apresentam esta noção, pois “a energia pode surgir de repente de algo que não tinha energia.”

BLISS E OGBORN (1985)	13 anos	Energia associada: - alguma manifestação de atividade; - à vida e ao movimento: “a estátua não precisa de energia porque é feita de substâncias não vivas e não está se mexendo.”
-----------------------------	---------	---

Fonte: Teixeira e Assis, 2003, p. 43.

Diversas pesquisas apresentam formas, instruções e perspectivas que podem auxiliar a abordagem desse tema significativo para a área de Ciências. Alguns autores (DOMENCH et al, 2003; SOLOMON, 1985; DRIVER; WARRINGTON, 1985) mencionam uma série de pontos relevantes que nos possibilitam responder acerca do seguinte questionamento: O que significa compreender o princípio de conservação da energia? Esses autores argumentam que o ensino do PCE deveria apresentar o reconhecimento do papel das transformações que um sistema experimenta, e que este se deve às interações com outros sistemas, declarando assim o caráter sistêmico desse conceito. Tal perspectiva, mesmo que abordada qualitativamente, norteia as concepções acerca da energia de processos posteriores associados a esse tema. Além disso, esses autores sugerem uma apresentação, como uma proposta de aproximação a esse conceito, da ideia da energia estar relacionada com a capacidade de produzir transformações, evitando a supervalorização atribuída à grandeza física “Trabalho”, a qual remonta as concepções do século XVII já superadas (TRUMPER, 1990), embora ainda apareçam em muitos materiais didáticos. Uma visão clarificada do termo “Trabalho” embarca a capacidade de um sistema sofrer transformações, ou seja, “um ato de transformação por meio de forças”, relacionado às variações energia, trocas de energia entre sistemas diferentes ou entre partes de um mesmo sistema.

Domench et al (2003) mencionam ainda o cuidado com o uso de terminologias as quais manifestam a presença da energia em objetos ou sistemas isolados, contribuindo assim para uma visão substancialista e distorcida do conceito de energia, porém não se opõem os modos de expressões existentes entre os estudantes e o cotidiano a respeito da energia. Este chama a atenção em relação ao uso de termos, no sentido de separar diferentes domínios de conhecimentos, ou seja, o uso racional de terminologias acerca da energia empregadas no senso comum sem que produzam confusões conceituais no senso científico.

Além disso, consideramos assim como Solomon (1985) e outros, a respeito do PCE, que nada podemos afirmar no que tange energia em sistemas ou corpos isolados, o PCE permite-nos apenas afirmar acerca das variações de energia entre sistemas diferentes, mesmo quando nesses sistemas ocorreram transformações entre as formas de energia. Outro aspecto relevante é a compreensão ao redor do conceito de calor, estudos mostram a existência de confusões entre concepções do calor, da energia interna e do trabalho (SEVILLA, 1986). Segundo o consenso científico atual é reservado ao termo “calor” os intercâmbios de energia que ocorrem entre corpos de temperaturas diferentes, e a “energia interna” ou “energia térmica” associamos ao fato de um conjunto de microtrabalhos realizados no nível submicroscópico, ou seja, a consequência de uma coleção de microforças exteriores atuando sobre o sistema, e a energia desse conjunto de partículas atribui-se o termo “energia interna” (DOMENCH et al, 2003)

É notável o número de pesquisas a respeito da compreensão desse tema, autores como Angotti (1991, p. 140) consideram-no como o princípio que melhor norteia um dos conceitos mais desenvolvidos da termodinâmica, a Entropia.

Acreditamos, assim como os autores supracitados, que o conhecimento acerca desse princípio deva ser apresentado de modo a estimular a visão dos estudantes, apresentando-lhes as estratégias concebidas pelas comunidades científicas, em diferentes épocas, ao redor desse empreendimento científico. A valorização dessas estratégias, a qual podem ser realizadas por meio de aspectos da NdC e reconstruções com viés da HFC, pode auxiliar o ensino desse tema, considerado unificador em Ciências.

3 UM RESUMO HISTÓRICO SOBRE O PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

A fim de orientar a investigação proposta nesse trabalho, foi construído um resumo histórico, permeado de episódios que evidenciaram rupturas conceituais, questionamentos e discussões que contribuíram para o desenvolvimento do Princípio de Conservação da Energia (PCE).

3.1 Quem sou eu, *Vis viva*, *Calórico* ou *Energia*?

Atualmente sabemos que calor é uma das formas de energia, mas essa noção não foi simples dê-se construir. Por muito tempo o homem utilizou algumas dessas formas, sem conhecimento do que ao certo se tratava. Mentes inquietas e criativas, nos últimos 170 anos, por meio de diversas investigações, produziram o conhecimento acerca do que hoje conhecemos como energia, intervalo considerado breve para o campo da ciência. (GIBERT, A, p. 218, 1982).

A etimologia da palavra **energia** (no grego *energéa* e no latim *energia*), vocábulo formado com “En” (em, dentro) e “Ergon” uma derivação de “Ergia” a qual significa (ação), ou seja, uma ação interior. O aparecimento dessa palavra se deu pela primeira vez nos trabalhos de Kepler e Galileu, de modo pouco clarificado, sendo necessário um grande período de tempo, até que nos estudos de Euler foi apresentada a noção de esforço, equivalente ao trabalho, medido pelo produto da força pelo caminho percorrido. Thomas Young (1807) utilizou a concepção acerca da capacidade de um corpo realizar algum tipo de trabalho mecânico, mas somente em 1852, Rankine (1820 – 1872) efetuou uma relação direta entre o termo energia e trabalho mecânico.

Percebe-se ao longo da história desse conceito, que sua denominação sofreu alterações, estas ligadas diretamente a compreensão existente em cada período. A fim de evidenciar as rupturas conceituais, apresentaremos alguns episódios históricos de modo organizado que participaram das transições.

Ao começarmos pela *Vis Viva*, veremos concepções, de modo mais latente no período anterior a 1783, no qual um fragmento registrado na memória da Academia das Ciências de Paris, por Lavoisier e Laplace, evidenciou um momento

em que o conhecimento acerca da natureza do calor vivenciava um período inconstante e de transição:

Os Físicos estão divididos quanto à natureza do calor; uns pensam que se trata de um fluido [...] que penetra mais ou menos nos corpos conforme sua temperatura e a sua disposição particular de reter; [...] outros pensam que o calor não é mais que o resultado dos movimentos insensíveis das moléculas da matéria e concluem, *prudentermente*, não escolheremos entre as duas hipóteses precedentes [...] talvez elas se verifiquem ambas (GIBERT, 1989 p.226)

A *vis viva*, denominada por Gottfried Leibniz, em 1683, o qual significa “força viva”, estava ligada diretamente aos estudos oriundos das colisões entre corpos, tal atribuição era uma tentativa de dar significado às relações observadas em seus trabalhos. Galileu Galilei (1564 – 1642), em sua obra literária a “Duas Novas Ciências” já sinalizava alguma concepção relacionada com proximidade a “*vis viva*”, o qual em suas anotações denominava de *ímpeto*. O estudo do movimento dos corpos, uma das perspectivas em foco nesse período, já apresentava indícios, em diversos trabalhos, de alguma “quantidade” presente na natureza, a qual se conservaria. René Descartes (1596 – 1650), por sua vez, já havia apresentado a “quantidade de movimento” como uma grandeza física da qual produzia respostas para a colisão entre corpos e evidenciava a ideia de conservação. Tal grandeza física era representada pela multiplicação da massa pela velocidade. Outro estudioso, Christian Huygens (1629 – 1695) também percebeu relações importantes entre a massa multiplicada pela velocidade ao quadrado, ao investigar os movimentos de objetos e suas colisões.

As perspectivas de Leibniz e Huygens versus as de Descartes, passaram a disputar qual relação melhor explicaria a medida de movimento e a força de um corpo sobre outro. Tais estudos estavam intimamente ligados ao desenvolvimento das concepções da mecânica e cosmologia na época. Uma proposta, realizada por Leibniz, a fim de resolver o embate entre esses conceitos, foi a de adotar uma perspectiva escalar para a quantidade ($m \cdot v$), na qual sua proposta ($m \cdot v^2$) resolvia parcialmente esse impasse. Entretanto, tal solução somente contemplava fenômenos os quais as colisões eram ideais, ou seja, a conservação da *vis viva* era observada somente em colisões perfeitamente elásticas. Uma solução a esse episódio foi posta quando Isaac Newton (1642 – 1727) formulou seu 2º Axioma a partir da variação da quantidade de movimento, dando a este uma característica

vetorial.

Saltando para 1738, Daniel Bernoulli lançou uma concepção com viés de conservação, ele relata: “[...] a igualdade da descida real com a ascensão potencial”. (MICHINEL, 1994) Essa visão aliada a de Gaspard de Corolis (1792 – 1843) estabelece a seguinte equação:

$$\frac{1}{2} \Delta vis\ viva = Trabalho = Força \cdot Deslocamento, \quad (1)$$

Fonte: (MICHINEL, 1994, p.376)

E proporcionaram as concepções acerca da *vis viva*. Lázare Carnot colaborou com essas concepções, o qual atribuiu à ascensão potencial o termo *vis viva latente*. Esse foi um dos primeiros cenários que contribuíram para a formação do PCE.

Outra hipótese que percorria esse período, séculos XVII e XVIII, dizia a respeito da natureza do calor e da utilização de sua ação sobre os corpos, o *calórico*. Podem-se citar os estudos de Sadi Carnot em 1832, Marc Séguin, em 1839, Karl Holtzmann, em 1845, e G. A. Hirn, em 1854, e que de maneira independente produziram concepções de equivalência entre o trabalho e o calor. Carnot ao investigar o funcionamento das máquinas térmicas construiu duas grandes ideias que nortearam os demais avanços desse episódio histórico.

Figura 1. Sadi Carnot aos 17 anos com uniforme da Ecole Polytechnique, em 1813.



Fonte: <http://www.soheatpump.com/isi-pompasi-tarihcesi.asp>

As investigações realizadas por ele sobre os *ciclos de operações* e os

ciclos reversíveis foram às ideias que auxiliaram, de algum modo, as pesquisas posteriores. Carnot relata os *ciclos das operações* da seguinte maneira:

[...] é necessário imaginar uma série de operações tais que, no final de cada série, o vapor ou a água tenham regressado ao seu estado inicial, só então, isto é, no final do ciclo, se pode falar da relação entre o trabalho produzido e o calor gasto nessa produção (GIBERT, 1989, p.236).

Fragmentos históricos complementares dão indícios que tal perspectiva era enviesada pelo linguajar do conceito *calórico*. Neste mesmo período, por volta de 1803, um tratado de Física foi constituído pela comunidade científica o qual se lê:

O que se chama vulgarmente de FOGO não é mais que um corpo em brasa [...] a sua causa é uma verdadeira matéria [...] é um fluido muito sutil, muito raro e muito elástico [...] ao qual se tem dado sucessivamente os nomes de princípio inflamável, princípio do calor, matéria do calor e que os modernos chamam de calórico (GIBERT, 1989, p.220).

Para o bem da verdade, desde Aristóteles até os meados do século XIX, acreditava-se que o calor era constituído por partículas extremamente pequenas em movimento, dando o caráter substancial ao calor, porém sem excluir a ideia de movimento.

Estudiosos da época separaram a ideia de “movimento” da constituição do que era o calor. Pode-se citar como exemplo, Roger Bacon (1214 – 1294) que atribui a ideia do calor somente ao movimento das partículas que constituem o corpo. Mais adiante Francis Bacon (1561 – 1626) atribui ao movimento causador do calor um caráter vibratório. Essas atribuições dão indícios de que a teoria do calórico, ou seja, a noção acerca da natureza fluida do calor seria alterada.

Uma das mudanças de concepções pode ser citada com os trabalhos de Robert Boyle (1627 – 1691) os quais apresentaram evidências empíricas de que o calor advindo do atrito entre os corpos, não era devido ao ar, como fora atribuído por muito tempo. Para tanto, Boyle realizou a produção de calor por atrito dentro de uma câmara de vácuo.

Outras concepções foram produzidas nesse período, ora fortalecendo a teoria do calórico outrora desvalendo seus conceitos. Podemos citar algumas concepções baseadas no conceito do calórico que apesar de posteriormente ter sido substituído, geraram importantes compreensões das grandezas físicas: Calor específico e Capacidade calorífica. A Academia do Pensamento realizou diversos

estudos sobre as dilatações de corpos que conseqüentemente produziram a tipificação de diversos materiais, além de promover a construção da grandeza *Capacidade Calorífica*, a qual a abordagem empírica a seguir demonstra seu papel: [...] quantidades iguais de água e mercúrio, entre outras, à mesma temperatura, derretem quantidades diferentes de gelo. (GIBERT, 1989, p. 222). O que levou a conclusão de que diferentes materiais, quando submetidos ao calor, ao atingirem determinadas temperaturas, parecem “armazenar” diferentes porções de *calórico*. Inclusive tal noção está intimamente ligada à ideia corrente no período de estados físicos. Segundo Lavoisier:

[...] todos os corpos podem existir em três estados diferentes, ou sob a forma sólida, ou sob a forma líquida, isto é, fundidos, ou sob a forma de um fluido elástico: estes três estados só dependem da quantidade maior ou menor de calórico de que esses corpos estão penetrados e com o qual estão combinados [...] (GIBERT, 1989, p. 238)

Percebe-se que o conceito do *calórico*, nesse período, era bem sucedido e aceito, visto que respondia a uma série de questões práticas e teóricas, além de servir de base para outras ideias da ciência, como o modelo atômico de Dalton, dilatação dos corpos e estados físicos. Conforme retratado no primeiro cenário, nem todos os cientistas da época compartilhavam dessa concepção, como é o caso de Rumford.

Por volta de 1798, Benjamin Thompson (1753 – 1814), conhecido como Rumford, observou que o atrito de partes metálicas dos canhões aquecia certas quantidades de água. Como já mencionado, o calor era considerado um fluido imponderável, presente em toda a matéria. Este fluido se adequava as dimensões do corpo, e devido às dimensões dos corpos serem finitas, o calórico não poderia ser infinito. Rumford observou que o calor produzido pelo atrito das brocas nas perfurações dos canhões parecia não ser finito, visto que era possível elevar a temperatura de certa quantidade de água até o seu ponto de ebulição por horas (THOMPSON, 1798). A partir desses resultados Rumford concluiu que o calor não poderia ser um fluido, pois se o fosse, esse experimento não seria possível.

O estudo de Rumford produziu uma hipótese acerca do que deveria ser o calor. A proposta foi de que o calor deveria ser o movimento do éter estimulado pela vibração das partículas dos corpos. Porém, ele não obteve sucesso em seu empreendimento, visto que a teoria do calórico explicava fenômenos como a

dilatação térmica e a mudança de estado físico e por isso, empenhou-se nas investigações acerca da natureza do calor. Para tanto, utilizou um aparato experimental desenvolvido por Marc-August Pictet (1752 – 1825) a fim de investigar a radiação do frio. Segundo Rumford, tanto o calor como o frio tinham naturezas semelhantes, mas opostas uma da outra. (CHANG, 2002).

Figura 2. Benjamin Thompson (1753 – 1814) Investigou a natureza do calor, por volta de 1798.



Fonte: (<http://faculty.humanities.uci.edu/bjbecker/RevoltingIdeas/lecture13.html>)

Esse experimento consistiu em utilizar os princípios da ótica geométrica, por meio de dois espelhos côncavos e duas formas de fonte, uma de calor outra de frio. Rumford montou o aparato colocando uma fonte de calor em um dos focos, de um dos espelhos, de maneira que este refletisse o calor no outro espelho, distante de 3 m, no qual no foco se encontrava um termômetro, investigando assim o caráter radiante do calórico. Tal procedimento já havia sido feito por outros estudiosos da época, mas Rumford substituiu a fonte de calor por uma fonte fria, a fim de validar sua hipótese de semelhança entre a natureza do calor e do frio, bem como do calor e da luz. Sua investigação mostrou que ocorria uma diminuição da temperatura no termômetro presente no foco do outro espelho. Este resultado reforçou suas ideias a respeito da propriedade imaterial do *calórico*, semelhantes a da luz. Inúmeras explicações, oriundas dos defensores do calórico, surgiram tentando produzir explicações para o fenômeno estudado por Rumford. Devida a grande importância que tinha a teoria do *calórico*, Rumford, sem o crédito da comunidade científica, sugere novas investigações acerca da natureza do calor. Além do mais, estudos historiográficos (KUHN, 1977), mencionam Rumford como alheio às concepções de

conservação da energia, embora em um de seus trabalhos tenha dito: “[...] Segue necessariamente (da teoria dinâmica) [...] que a soma das forças ativas no universo tem sempre de permanecer constante”.(KUHN, 1977, p. 92) Seus conceitos seguem em direção à mudança da perspectiva da natureza do calor sem o viés conceitual da conservação.

Figura 3. Representação da direção do calor radiante segundo Pictet.

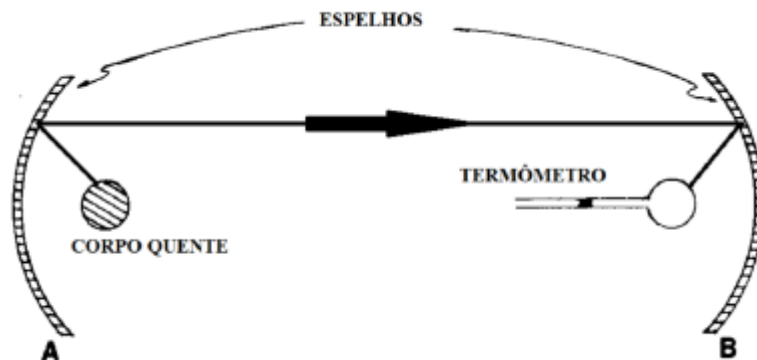
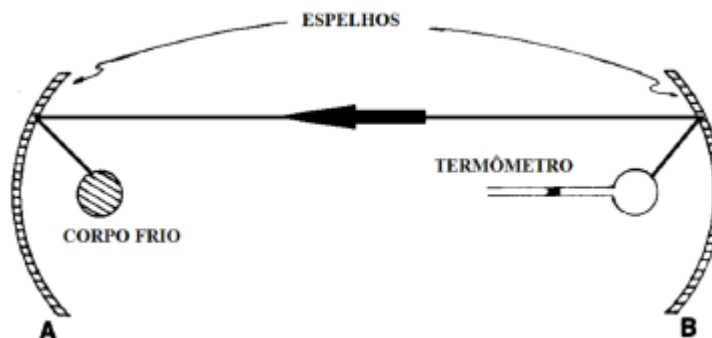


Figura 4. Representação da direção do calor radiante segundo Pictet para o experimento da aparente radiação do frio.



Fonte: (EVANS e POPP, “Pictet’s Experiment,” 738)

Em paralelo a estes estudos, e no mesmo período, Joseph Black (1728 – 1799), promoveu um rompimento norteador que distinguiu as grandezas Temperatura e Calor, além disso, construiu a primeira noção de Calor Latente, ou seja, uma dada quantidade de calor necessária para um corpo mudar de estado físico, embora a fizesse com a perspectiva do fluido calórico. Atualmente tal relação é expressa por:

$$Q = m \cdot L, \quad (2)$$

Na qual Q representa a quantidade de calor atribuída ao sistema, m a massa e L a grandeza denominada Calor Latente.

Saltando para 1783, Lavoisier e Laplace, por meio dos trabalhos de Wilcke (1732 – 1796) apresentam outra grandeza física, igualmente importante, denominada Calor Específico, a qual representa a quantidade de calor que cada unidade de massa do sistema recebe ou cede para que sua temperatura varie de uma unidade. Essa relação pode ser vista abaixo:

$$C = Q / (m \cdot \Delta T) \quad (3)$$

Esses estudos promoveram maior clareza no que se diz respeito às características do calor e suas propriedades.

Entretanto, faz-se necessário retornarmos aos meados do século XVII, para apresentarmos um momento histórico que contribuiu significativamente para o desenvolvimento dessas e outras propriedades do calor, no caso, a construção das escalas termométricas.

Por volta de 1688, Joachim D'Alencé, um físico e construtor de equipamentos apresentou sua proposta para construção de escalas termométricas: “[...] uma escala termométrica deve ser definida entre duas temperaturas fixas” (GIBERT, 1989, p. 225); na qual escolheu os pontos de fusão do gelo e ebulição da manteiga. Somente em 1694, com o estabelecimento do ponto da ebulição da água constante, feito por Guillaume Amontons (1663 – 1705), Renaldini (1615 – 1698) construiu o primeiro termômetro com os pontos fixos relacionados à fusão do gelo e ebulição a água. Posteriormente, Fahrenheit e Celsius apresentaram suas escalas, sendo uma fixada em 32 e 212 e a outra em 0 e 100 respectivamente, ambas para a fusão do gelo e ebulição da água. Tal momento histórico torna-se relevante devido à concepção acerca da medida da temperatura: “[...] num recinto isolado, dois ou mais corpos postos em contato, trocam entre si calor até se encontrarem todos à mesma temperatura” (GIBERT, 1989, p.225). Esse cenário histórico apresenta uma visão a respeito da concepção do momento em que as trocas de calor são interrompidas. Esta concepção está diretamente relacionada com a ideia atual de o calor estar ligada diretamente aos processos de transferência de energia por diferenças de temperaturas.

Retomando o desenvolvimento do PCE, no início do século XIX, Julius

Robert Mayer (1814 – 1878), James P. Joule (1818 – 1889), Ludvig August Colding (1815 – 1888) e Hermann Ludwig von Helmholtz (1821 -1894), foram alguns dos cientistas que anunciaram a hipótese da conservação da energia. Mayer propôs uma interpretação estimuladora de um fenômeno ocorrido no sangue de seus pacientes. Este observou o vermelho-vivo do sangue venoso de um de seus pacientes da região entre os trópicos e concluiu que os habitantes dessa região precisariam queimar menos oxigênio para manter a temperatura do corpo do que aqueles que habitavam em região acima do trópico. A partir de uma coleção de observações cuidadosas, Mayer elaborou uma relação, um balanço entre o consumo de oxigênio e os consumos ligados à manutenção da temperatura do corpo, perdas térmicas e trabalhos manuais. Esse balanço permitiu a ele construir uma primeira inferência sobre a manifestação particular de uma única força indestrutível que estaria na base de todos os fenômenos da natureza (PRIGOGINE, 1997, p.88).

Figura 5. Julius Robert Mayer (1814 – 1878), auxiliou nas investigações que culminaram no 1º princípio.



Fonte: http://www.robert-mayer-heilbronn.de/index.php?article_id=19

As observações realizadas por esses cientistas, segundo Kuhn (1977), foram estimuladas por uma atmosfera de questionamentos que existiam ao redor desse conceito na época, além da disponibilidade de processos de conversão, interesse pelo funcionamento das máquinas térmicas e filosofia da natureza. Um grande número de experiências, em diferentes áreas da Física e Química, foi realizado no intento de investigar os processos de conversão, colocando vários pesquisadores da época frente a um novo problema, que viria a culminar numa nova idade de ouro da Física. Podemos citar, como exemplo, uma sequência de experimentações realizadas no campo da eletricidade e magnetismo, essas

relacionadas à seguinte investigação:

Galvani fez a experiência sem premeditação dessa conexão dos diferentes campos. Até então os eletricitistas só conheciam cargas imóveis. Galvani criou, com o corpo de uma rã, o primeiro circuito elétrico experimental. Logo a seguir Volta reconheceria nas contrações “galvânicas” da rã o efeito da passagem de uma corrente elétrica. Em 1800, Volta faz funcionar uma pilha química: as reações químicas podem produzir eletricidade. Depois vem a eletrólise: a corrente elétrica pode modificar as afinidades químicas, provocar reações químicas. Mas a corrente também leva à produção de Luz e calor e, em 1820, Oersted mostra que ela tem efeitos magnéticos. Em 1822, Seebeck estabelece que, ao invés, o calor pode produzir corrente, e Peltier, em 1834, mostra como arrefecer um corpo graças à eletricidade. Enfim, em 1831, Faraday põe em evidência a produção de corrente induzida por efeitos magnéticos. Em 1847, é dado finalmente um passo decisivo por Joule: a conexão entre a química, a ciência do calor, a eletricidade, o magnetismo e a biologia é interpretada como uma *conversão* (PRIGOGINE, 1997, p. 87).

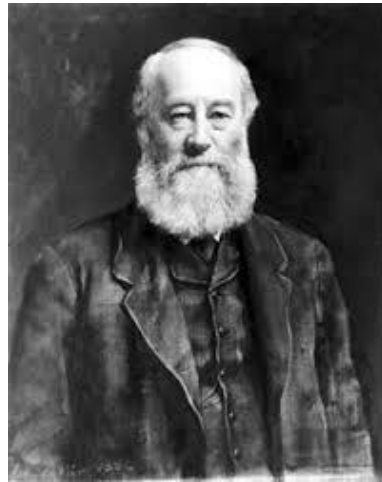
Essas investigações promoveram novas questões científicas as quais auxiliaram outras acerca de sobre quais condições o calor produz energia mecânica? Questionamentos ao redor do problema das transformações que o calor faz os corpos sofrer. Questões que remetem sobre a utilização dessa ação, e não de sua natureza ou sobre sua ação sobre os corpos.

Joule, por sua vez, investigou por meio de um aparato simples, a quantidade de calor liberado pela passagem da corrente elétrica num fio, mostrando que a quantidade de calor referida é proporcional à resistência do condutor (R), ao quadrado da intensidade da corrente (i) e ao tempo durante o qual a corrente passa no condutor (t), isto é, a lei de Joule:

$$Q = c.R.i^2.t \quad (4)$$

onde c é uma constante.

Figura 6. James Prescot Joule (1818 – 1889) foi um grande cientista experimental nos domínios do calor e da eletricidade.



Fonte: <http://www.sciencemuseum.org.uk/onlinestuff/people/james%20prescott%20joule.aspx>

Em vista disso, Joule interpretou a passagem da corrente elétrica e produção de calor do seguinte modo:

[...] quando qualquer coisa que era imponderável desaparece e que em seu lugar aparece outro imponderável que não pode ter outra origem a não ser o que desapareceu, a quantidade de um é diretamente proporcional à do outro; basta pois determinar a relação entre as duas por meio de uma medida rigorosa para conhecer o equivalente mecânico de uma quantidade dada de eletricidade, ou de calor ou mesmo duma certa quantidade de zinco e de ácido sulfúrico ou de um grupo de substâncias químicas [...] (GIBERT, 1989, p. 235).

Uma sequência de pesquisas realizadas por Joule auxiliaram suas concepções acerca do equivalente calórico. Além do mais, uma rede de processos de conversão, entre inúmeros experimentos realizados na época alimentaram essa atmosfera acerca do PCE.

Para citar estudos a respeito da propagação do calor, utilizaremos Jean-Joseph Fourier que em 1822, emprega de modo diferente às leis da mecânica do movimento. A relação de propagação do calor entre dois corpos de temperatura diferentes foi empregada de tal maneira que a física, matemática e a ciência newtoniana, nesse período, deixam de ser sinônimas. Fourier apresenta tal fenômeno reduzido à interpretação das interações dinâmicas entre massas vizinhas. E desse modo propõem sua lei, de uma simplicidade elegante, enunciando-a como: o fluxo de calor entre dois corpos é proporcional ao gradiente de temperatura entre esses. (PRIGOGINE, 1997, p. 84)

O referido enunciado não deixa de ser uma Lei com características tão gerais quanto à lei da gravitação. “Todo corpo tem certa massa e se encontra, portanto, em interação gravitacional com todos os outros corpos do Universo; e também todo o corpo é igualmente capaz de receber, acumular e transmitir calor” (PRIGOGINE, 1997, p. 84). Com essas características, Gravitação e Calor, dois conceitos universais, tornam-se antagônicos, pois o primeiro realiza a interação entre corpos apenas por meio do movimento seja recebendo ou transmitindo; o segundo promove mudanças de estado, transforma a matéria e modifica propriedades intrínsecas.

Além do mais, a lei de Fourier aplica-se também a corpos isolados, os quais são caracterizados por uma distribuição de temperaturas não homogênea, que progressivamente vão estabelecendo o equilíbrio térmico, apresentando-se como um efeito nivelador de forma monótona até que se atinja a homogeneidade final. Tal estudo propõe uma mudança na concepção sistêmica até o momento empregada ao calor. Além disso, essas afirmações vão ao encontro de uma lei do tipo irreversível, no sentido de que o calor tem a propriedade de nivelar-se, ou seja, de nunca se concentrar e criar espontaneamente diferenças de temperatura.

Figura 7. Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768 – 1830), autor da equação de propagação do calor.



Fonte: http://www.gravuras-antigas.com/product_info.php?products_id=13498

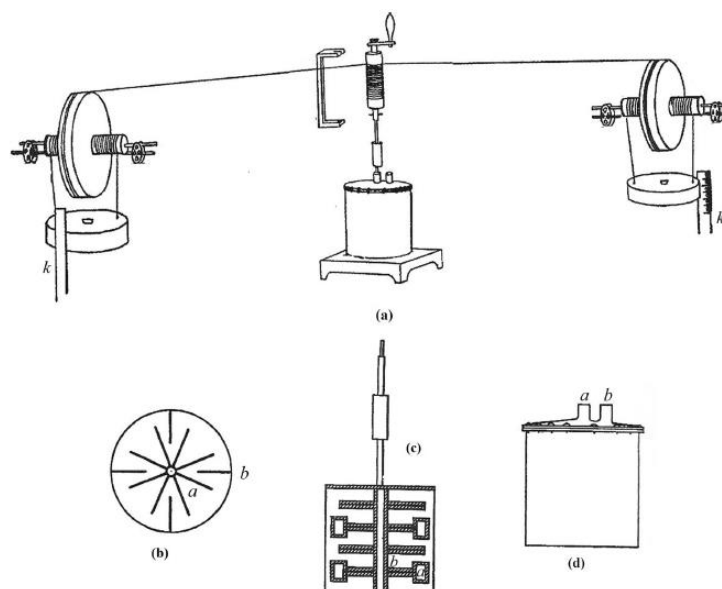
A equivalência entre o calor e a energia mecânica era nesse episódio histórico, algo já estabelecido e objetivado por um número fixo. Tanto Joule quanto Mayer emitiram valores para essa equivalência. Todavia, nesse momento histórico, a

característica material da energia já havia sido superada, inúmeras hipóteses haviam sido testadas acerca dessa característica da energia. Experimentos sistematizados realizados por Rumford, Mayer e Joule, contribuíram para a superação dessa conjectura. Tais contribuições se destacam por apresentar características como de transferência, transformação, degradação e conservação da energia, sem a necessidade de se possuir um “elemento” ou “substância” que represente a energia envolvida entre os sistemas em questão. A determinação de um valor com maior precisão, feito por Joule, acerca da equivalência entre calor e energia mecânica e sua lei a respeito do calor produzido pela passagem da corrente elétrica corroboraram para sua interpretação acerca do que viria a ser o PCE:

“Quando qualquer coisa que era imponderável desaparece e que em seu lugar aparece outro imponderável que não pode ter outra origem a não ser o que desapareceu, a quantidade de um é diretamente proporcional à do outro; basta pois determinar a relação entre as duas por meio de uma medida rigorosa para conhecer o equivalente mecânico de uma quantidade dada de eletricidade, ou de calor ou mesmo de uma certa quantidade de zinco e de ácido sulfúrico ou dum outro grupo de substâncias químicas”. (JOULE apud GIBERT, 1989, p. 235)

A precisão do equivalente mecânico para o calor, devido ao grande número de medições e métodos empregados na investigação feita por Joule o levou ao valor 4,186 joules/cal. Um dos aparatos experimentais utilizado por Joule está representado abaixo.

Figura 8. (a) as duas polias e um rolo (b) eixo de aparelho de atrito vertical, (c) eixo do aparelho de atrito na horizontal, (d) vaso de cobre na qual o aparelho gira firmemente equipado com dois buracos na tampa.



Entretanto o conceito do PCE já havia sido enunciado por Mayer, anos antes dos trabalhos de Joule, porém sem o reconhecimento da sociedade científica no período: “[...] quando uma quantidade de energia de qualquer natureza desaparece numa transformação então produz-se uma quantidade igual em grandeza duma energia de outra natureza [...]” (GIBERT, 1989, p. 234).

Por outro lado, o PCE ficou estabelecido, com rigor teórico, por H. von Helmholtz (1821 – 1894), devido a negação da possibilidade do movimento perpétuo que é considerado uma impossibilidade experimental de se realizar. Seu estudo foi intitulado *Die Erhaltung der Kraft* (A conservação da força), publicado em 1848.

Figura 9. H. von Helmholtz (1821 -1894) Conhecido por enunciar o princípio de conservação da “força”, atualmente denominado princípio de conservação da energia.



Fonte: <http://www.merke.ch/biografien/biologen/helmholtz.php>

Helmholtz buscou tratar o problema da conservação da energia com rigor físico, com uma lente associada aos princípios da física e estendê-lo por todos os ramos da física. Em uma de suas apresentações, em Berlim em 23 de julho de 1847, proferida à *Physical Society*, afirmou que

o problema das ciências físicas consiste em rastrear por detrás dos fenômenos naturais as forças inalteráveis de atração e repulsão, a intensidade dessas forças depende da distância. Podemos iniciar com a suposição de que é impossível qualquer combinação de quaisquer corpos naturais, criem forças continuamente a partir do nada [...] o objetivo da presente obra é estender o mesmo princípio, da mesma forma, a todos os ramos da física. (HELMHOLTZ *apud* WTSNTAK, 2008, p. 222)

Abordaremos algumas seções dessa palestra, no intento de apresentar as contribuições de Helmholtz acerca do PCE. Segundo Helmholtz, o princípio nega a

possibilidade de qualquer combinação de que corpos possam criar uma força contínua a partir do nada, ele apresenta o princípio da seguinte forma:

Vamos imaginar que um sistema de corpos, na qual estão em determinadas relações espaciais um do outro, são acionados por forças mutuamente exercidas entre eles, de modo que estes são movimentados até que outras posições sejam atingidas. Podemos considerar as velocidades adquiridas neste caminho como uma quantidade específica de trabalho mecânico que pode transladá-los. Se solicitarmos as mesmas forças para atuar pela segunda vez, de modo a produzir novamente a mesma quantidade de trabalho, teremos de alguma forma, por meio de outras forças colocadas à nossa disposição, de trazer os corpos de volta às suas posições originais. Ao fazer isso, no entanto, certa quantidade de trabalho dessas outras forças será consumida. O nosso princípio exige, neste caso, que a quantidade de trabalho obtida pela passagem do sistema a partir da primeira posição para a segunda, e a quantidade perdida pela passagem do sistema a partir da segunda volte ao primeiro, seja sempre igual, independentemente da forma do movimento, do caminho, ou da velocidade com que essa mudança seja efetuada [...]. Se nós investigarmos a expressão matemática deste princípio, vamos encontrá-la na lei de conservação da *vis viva* [...], ou seja, metade do produto mv^2 [...] que proponho chamar de $mv^2/2$ também a quantidade de trabalho. (HELMHOLTZ *apud* WTSNTAK, 2008, p. 222)

Em seguida, Helmholtz mostra matematicamente que o princípio é válido apenas quando o sistema está sob a ação de forças centrais. Para exemplificar, utiliza-se de uma massa particular m em duas posições diferentes, que possua *vis viva* e a deriva, assumindo que a intensidade a força φ que atua na direção de r (central) é positiva para atração e negativa para repulsão.

$$\frac{1}{2}[m_a Q_a^2] - \frac{1}{2}[m_a q_a^2] = -\sum \left[\int_{r_{ab}}^{R_{ab}} \varphi_{ab} dr_{ab} \right] \quad (5)$$

Onde Q e q são velocidades tangenciais e R e r são distâncias. O lado esquerdo desta equação representa a diferença das *vis viva* possuída por m em duas distâncias diferentes e do lado direito, a soma das tensões entre o R distância e r , ou seja, o aumento da força viva de um material ponto durante o seu movimento sob a influência de uma força central é igual à soma das tensões correspondentes à alteração da distância. (WTSNTAK, 2008, p. 223)

$$\frac{1}{2}\sum_a [m_a Q_a^2] - \frac{1}{2}\sum_b [m_a q_a^2] = -\sum \left[\int_{r_{ab}}^{R_{ab}} \varphi_{ab} dr_{ab} \right] \quad (6)$$

Deste modo, Helmholtz apresenta que a soma das tensões existentes com a *vis viva* é sempre constante.

Assim pode-se concluir que

sempre que corpos naturais atuarem um sobre o outro, por forças de atração ou repulsão, que são independentes do tempo e da velocidade, a soma da *vis viva* e tensões deve ser constante, a quantidade máxima de trabalho que pode obtida a partir deles é, por conseguinte, fixa e finita; se por outro lado corpos possuírem forças que dependam do tempo e da velocidade, ou da ação em outras direções, como por exemplo forças de rotação, a combinação de tais corpos permitirá que a força possa ser perdida ou ganhada *ad infinitum*. (HELMHOLTZ *apud* WTSNTAK, 2008, p. 223)

Nas seções seguintes, este cientista aborda algumas aplicações do princípio aos teoremas da mecânica, nas quais discute os movimentos sob influência da gravidade, o movimento dos sólidos perfeitamente elásticos e fluidos, ondas elásticas, e fenômenos da luz, como refração, reflexão, polarização e absorção. Analisa também, a equivalência do calor com a força. Tal análise permite concluir que

a quantidade de calor pode ser aumentada absolutamente por forças mecânicas e que fenômenos térmicos não podem ser explicados por uma simples hipótese de substância cuja mera presença produza os fenômenos; da necessidade de mudança de movimento ou de uma substância especial, ou de corpos ponderáveis ou imponderáveis, como a eletricidade e ou o éter! (HELMHOLTZ *apud* WTSNTAK, 2008, p. 223)

Os trabalhos de Helmholtz foram desenvolvidos com uma fundamentação epistemológica bem elaborada, o que também propiciou sua recepção pela comunidade científica na época. Por outro lado, pesquisadores (BAPTISTA, 2006) entre outros, sinalizam diversos estudos a respeito da perspectiva puramente mediada por forças newtonianas, o que conseqüentemente produz determinados conflitos com a Teoria da Relatividade Geral. Entretanto, tais questionamentos serão deixados para estudos posteriores.

4. APORTES TEÓRICO-METODOLÓGICOS PARA A ANÁLISE PROPOSTA

4.1 A Escolha dos Livros Didáticos

Diante dos pressupostos apresentados nesse estudo, analisaremos as abordagens realizadas sobre o PCE nos livros didáticos que apresentam perspectivas em HFC e aspectos da NdC,. Para tanto, quatro coleções de livros didáticos, nomeados de C₁, C₂, C₃, e C₄ foram escolhidas entre os livros propostos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012. A escolha das coleções se deu por meio das análises das obras produzidas pelo PNLD, as quais apresentaram visões gerais das perspectivas adotadas para a construção de cada obra. Deste modo, procuramos selecionar quatro das dez obras propostas pelo programa entre as quais as fichas de análise e avaliação evidenciaram simultaneamente:

- A presença de História e Filosofia da Ciência;
- O caráter da obra alinhado com o propósito investigativo, valorizando o exercício da observação, inferência e construção de hipóteses;
- A abordagem do conhecimento científico de modo sistematizado e contextualizado;
- A presença de textos que relacionam a atividade do cientista com o meio social e cultural;
- O papel dos conhecimentos qualitativos prévios a uma investigação empírica;
- O favorecimento ao desenvolvimento de capacidades básicas do pensamento autônomo e crítico, no que diz respeito aos objetos de ensino-aprendizagem propostos;
- A utilização de vocabulário científico como um recurso que auxilia a aprendizagem das teorias e explicações físicas, sem privilegiar a memorização de termos técnicos e definições, não se pautando, portanto, somente por questões de cópia mecânica ou memorização;
- A abordagem do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias de modo que estejam em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas;
- Uma visão de experimentação afinada com uma perspectiva investigativa, mediante a qual os jovens são levados a pensar a ciência como um campo de construção de conhecimento, onde se articulam, permanentemente, teoria e

observação, pensamento e linguagem.

Tais critérios tornam-se relevantes, pois a DCN e PCN+ sinalizam juntamente com os trabalhos utilizados nessa pesquisa a importância dessas características no processo de alfabetização científica. Nesse estudo, procurou-se analisar as seguintes obras no intento de investigarmos relatos do PCE, relacionando-os às questões de pesquisa e aos referenciais teóricos deste trabalho. No quadro abaixo se encontram as especificações bibliográficas das obras que serão analisadas.

Quadro 2: Livros didáticos analisados

Coleção	Bibliografia
Coleção 1	POGIBIN, Alexandre; PIETROCOLA, Mauricio; DE ANDRADE, Renata; ROMERO, Talita Raquel, Física em Contextos – Pessoal – Social – Histórico . Editora FTD, 2012
Coleção 2	HELOU, Ricardo D.; GUALTER, José B.; BÔAS, Newton V.; Física . Editora Saraiva, 2012
Coleção 3	KANTOR, Carlos A.; JUNIOR, Lílio A. Paoliello; DE MENEZES, Luis C.; BONETTI, Marcelo de C.; JUNIOR, Osvaldo C.; ALVES, Viviane M.; Quanta Física . Editora PD, 2012.
Coleção 4	SANT'ANNA, Blaidi; MARTINI, Glória; REIS, Hugo C.; SPINELLI, Walter; Conexões com a Física . Editora Moderna, 2012

Fonte: O autor.

Com o intento de utilizar as edições mais recentes, buscamos distribuidores/editoras, os quais nos forneceram os exemplares, garantindo-nos que as coleções citadas acima são as atuais.

Outro aspecto relevante em relação à escolha dessas obras reside na quantidade distribuída desses materiais sobre todo o território nacional. Segundo o portal FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação) cerca de 9.621.113 Livros Didáticos de Física foram distribuídos às escolas públicas, para o nível médio e EJA (Educação de Jovens e Adultos). Deste montante, a seleção realizada para esta pesquisa englobou cerca de 3.341.880 de Livros Didáticos, ou seja,

aproximadamente 35% de toda a distribuição nacional. Segue abaixo quadro com as informações sobre as quantidades individuais das coleções selecionadas.

Quadro 3: Quantidades por coleção selecionada distribuídas no território nacional.

Coleção	Quantidade da Coleção
Coleção 1	725.604
Coleção 2	956.826
Coleção 3	456.494
Coleção 4	1.202.956

Fonte: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-dados-estatisticos>

4.2 As Abordagens Teórico-metodológicas

Esse estudo tem como pressupostos três abordagens: a pesquisa qualitativa de Bogdan e Biklen (1994), a Pesquisa Documental de Godoy (1995) e a Análise de Conteúdos de Bardin (1977).

A respeito da pesquisa qualitativa gostaria de ressaltar algumas palavras que ao aprofundar nos estudos das *“Investigações Qualitativas em Educação”* chamaram-nos atenção. Apresentamos a seguir algumas palavras-chave que direcionaram a discussão e compreensão do que se pretende até este momento com o tema “Investigações Qualitativas”, são elas: observação participante, naturalista, processo, investigação qualitativa é indutiva, pesquisa aberta, perspectiva dos participantes, questionamento, entre outras.

As percepções que obtivemos ao longo do texto, mostraram-nos que a investigação qualitativa utiliza-se de um grupo de estratégias de investigação a qual compartilham de determinadas características, pois o investigador está interessado, não só em obter uma perspectiva do ambiente em estudo, mas também está intimamente interessado em obter uma pluralidade de perspectivas que uma única

estratégia não o permitiria obter. Por este motivo, o investigador assume a postura de observador participante que acaba abrangendo os pormenores de várias perspectivas, gerando dados qualitativos descritivos.

As estratégias, neste contexto, não compartilham do uso de questionários, pois o investigador tenta levar os investigados a expressarem livremente suas opiniões sobre determinados assuntos. Para isso, o investigador questiona constantemente o ambiente natural de seus investigados, o que mostra que nada em investigação qualitativa é trivial devendo-se levar em conta tudo que circunda o ambiente do investigado. Podemos aqui construir uma definição rasa para ambiente natural que seria o ambiente onde as situações, termos, expressões possuem significado próprio para os investigados. Este ambiente é a fonte principal de dados para investigação qualitativa.

Podemos assim concluir que investigações qualitativas buscam entender como as pessoas constroem os significados e explicam o processo de construção dos mesmos. Esta postura é válida tanto para a área da educação como para a investigação de qualquer grupo de pessoas em seu ambiente natural. Desse modo, o investigador qualitativo não está preocupado com as generalizações de suas observações, mas sim com a objetividade de suas análises sobre a subjetividade observada, garantindo desta maneira validade da investigação.

Acerca da Pesquisa Documental de Godoy (1995) percebe-se que o uso de documentos na pesquisa qualitativa possibilita uma maior liberdade ao autor, abrindo espaço a inovação em relação ao tema pesquisado. O conceito de documento utilizado nesse contexto é amplo, podendo ser materiais escritos, tais como: jornais, revistas, obras literárias, científicas e técnicas, além de materiais estatísticos e elementos iconográficos. Há a existência de documentos primários, os quais são produzidos por pessoas que fizeram parte do evento, e documentos secundários, feitos por pessoas que não estavam presente no evento.

A pesquisa documental auxilia em trabalhos que estuda períodos de longa duração de pessoas mortas ou distantes. Esse modo de estudo ocorre, pois documentos não se alteram, ou seja, são fontes não reativas, as informações neles contidas permanecem as mesmas após longos períodos de tempo. Contudo, como Godoy enfatiza, deve-se ter cuidado ao utilizar documentos, porque muitos foram produzidos sem o propósito de serem investigados. Na escolha do documento deve-se atentar se este atende ao interesse da pesquisa. Uma vez escolhido, deve-se

codificar e analisar os dados. A autora ressalta que o esforço do analista é entender o sentido da comunicação, buscando encontrar outra significação. No tocante análise, encontramos três etapas: a primeira de pré-análise, nessa etapa dá-se a organização da pesquisa; a segunda de exploração do material, a qual se busca ver os dados dos documentos; por fim de tratamento dos resultados e interpretação. Essa interpretação se baseia numa visão holística, a qual a ênfase está na complexidade dos fatos.

A respeito da análise de conteúdos de Bardin (1977), ressaltamos algumas outras palavras-chave que também direcionaram a compreensão dessa abordagem nessa pesquisa, são elas: leitura “*flutuante*”, escolha de documentos e as regras da exaustividade, da representatividade, da homogeneidade e pertinência.

A Análise de Conteúdos segundo Bardin (1977) pode ser vista como um conjunto de instrumentos metodológicos que se aperfeiçoa constantemente e que se aplica a discursos diversificados. A sua essência é sistemática e objetiva, pois busca apurar descrições de conteúdos muito aproximativas e subjetivas a fim de evidenciar a objetividade do material ou entrevistado submetido a sua perspectiva. A atividade metodológica consiste, num primeiro momento, no contato com os documentos a serem analisados, de modo aberto, permitindo impressões e orientações acerca do material. O segundo momento é marcado pela determinação do *corpus*, ou seja, o conjunto de documentos obtidos para serem submetidos aos procedimentos analíticos. Essa determinação utiliza, após definido o campo do *corpus*, de regras, as quais as principais são a da exaustividade, na qual é necessário levar em conta todos os elementos referentes ao *corpus*, evitando deixar de fora qualquer elemento que não possa ser justificado no plano do rigor; a da representatividade, na qual permite-se efetuar a análise em uma amostra desde que esta seja uma parte representativa do universo inicial de documentos; da homogeneidade, onde os documentos selecionados devem obedecer a critérios precisos de escolha; e a regra da pertinência, que solicita que os documentos sejam adequados quanto fonte de informação.

Uma vez o analista em posse de dados significativos e fiéis, pode codificá-los, na qual a “[...] codificação é o processo pelo qual os dados brutos são transformados sistematicamente e agregados a unidades, as quais permitem a descrição exata das características pertinentes do conteúdo” (BARDIN, 2011, p. 133).

Para tanto, faz-se necessária à elaboração de Unidades de Registros (UR) e Unidades Temáticas de Contexto. A primeira busca unitarizar fragmentos textuais que possuam relações com os pressupostos iniciais, ou seja, recolher recortes a nível semântico. Já a segunda busca reunir as unidades anteriormente citadas, relacionando-as a um contexto, cujas dimensões permitem a compreensão exata da coleção de unidades de registro associadas a ele. Desse modo, o pesquisador pode propor inferências e interpretações na tentativa de atingir os objetivos previstos.

4.3 A Construção das Unidades de Significação

No intento de contemplar as abordagens propostas, as análises dos fragmentos textuais nos LD acerca do tema PCE deram-se de maneira sistematizada. A escolha dos documentos a serem analisados deu-se por meio da leitura “flutuante” e dos critérios teórico-metodológicos propostos. Em seguida, elaboraram-se, utilizando os pressupostos organizados *a priori*, as Unidades Temáticas de Contexto (UC), as quais foram confeccionadas através das percepções produzidas pelos estudos utilizados ao longo da fundamentação teórica, no intento de codificarem os fragmentos apresentados nos LD. As Unidades Prévias de Registro (UR) foram produzidas de modo imbricado, associando os critérios de avaliação do PNLD 2012, os aspectos abordados nos PCN+ Física relacionados ao tema PCE e aos estudos nacionais e internacionais citados neste trabalho, que abordaram o tema PCE com viés Histórico-Filosófico juntamente com aspectos da NdC. Além disso, buscou-se entre os pares, no caso, integrantes do grupo IFHIECEM, a validação das UC e UR por meio de uma codificação intersubjetiva de significados.

Dessa forma, foram elaboradas quatro Unidades Temáticas de Contexto (UC), em que a **UC1** contempla “Aportes de Filosofia da Ciência envolvendo o PCE”; a **UC2** contempla “Aportes de História da Ciência envolvendo o PCE”; **UC3** aborda “Aportes de aspectos da Natureza da Ciência relacionados ao PCE”; **UC4** elenca a “Presença de diferenciação entre terminologias científicas relacionadas ao PCE”

Para a **UC1**, elaboramos três Unidades de Registro Prévias (UR).

UR 1.1: “Presença de fragmentos textuais que evidenciam a presença de discussões filosóficas acerca do PCE”, para reunir fragmentos que apresentem a ocorrência de discussões de cunho filosófico na construção do PCE.

UR 1.2: “Presença de fragmentos textuais epistemológicos sobre o PCE”, a fim de reunir fragmentos que mostrem relações, observações ou inferências teórico-metodológicas e que participaram na construção do PCE.

UR 1.3: “Presença de fragmentos ontológicos sobre o PCE”, para agrupar fragmentos com características conceituais relacionadas aos processos de transferência, transformação, transmissão e degradação associados ao PCE.

A **UC2** possui como objetivo apresentar fragmentos da História da Ciência relacionados ao desenvolvimento do PCE, a fim de tipificar algumas abordagens históricas retratadas nos LD. Dessa UC, elabora-se as seguintes Unidades de Registros Prévias.

UR 2.1: “Abordagens do PCE envolvidas por fragmentos textuais da História da Ciência com enfoque evolutivo linear”, a fim de agrupar abordagens que utilizem da perspectiva da evolução da ciência de maneira linear.

UR 2.2 “Abordagens do PCE associadas a fragmentos textuais da História da Ciência que evidenciem quase-histórias a respeito do PCE”, que reúnem fragmentos que apresentem abordagens quase-históricas conforme Whitaker (1979).

UR 2.3 “Abordagens do PCE associadas a fragmentos textuais da História da Ciência que evidenciem reconstruções racionais a respeito do PCE”, que reúnem fragmentos que apresentam abordagens que utilizam de reconstruções racionais, conforme menciona Lakatos (1983).

UR 2.4: “Abordagens do PCE associadas a fragmentos textuais envolvendo enfoque biográfico”, que contemplem uma abordagem da História da Ciência por meio de participações isoladas e/ou fragmentadas de cientistas em distintas épocas, evidenciando datas de nascimento, falecimento e vieses evolutivos dissociados às pesquisas anteriores.

UR 2.5: “Abordagens do PCE com enfoque empirista associadas aos fragmentos da História da Ciência”, contempla fragmentos que contenham abordagens Históricas com enfoque empiricista.

UR 2.6: “Abordagens do PCE com enfoque no conceito de Trabalho Mecânico sem presença de aspectos históricos”, contempla fragmentos que

apresentam apenas a equivalência entre o trabalho mecânico e o calor sem apresentar relações com esse episódio histórico.

UR 2.7: “Abordagens do PCE que evidenciem a diferenciação entre os conceitos de Trabalho Mecânico e Calor, por meio de aspectos históricos”, reúne fragmentos que apresentam relações com os estudos acerca do equivalente calórico proposto por Joule.

UR 2.8: “Abordagens do PCE com enfoque substancialista sem a presença de aspectos históricos”, agrupa fragmentos que possuem o enfoque substancialista, ou seja, o calor na forma de um fluido ou substância sem relações com episódios históricos.

UR 2.9: “Abordagens do PCE que evidenciem a diferenciação entre os conceitos de Força e Energia, por meio de aspectos históricos”, agrupa fragmentos que formalizam a diferença entre força e energia por meio de episódios históricos.

UR 2.10: “Abordagens do PCE com ausência de diferenciação dos conceitos de Força e Energia, reúne fragmentos que não diferenciam os conceitos de força e energia.

UR 2.11: “Abordagens do PCE que evidenciem a diferenciação entre os conceitos de Força e Energia, sem a presença de aspectos históricos”, agrupa fragmentos que apresentam a diferenciação conceitual sem relações com aspectos da História da Ciência.

UR 2.12: “Abordagens que relacionem o conceito de Trabalho a Diferença de Potencial sem relações com aspectos Históricos”, agrupam fragmentos que mencionam a diferença de potencial associada a perspectiva do trabalho mecânico sem aportes históricos.

UR 2.13: “Perspectivas com ausência de diferenciação entre Energia Elétrica e Corrente elétrica”, busca reunir fragmentos que não diferenciem a energia atribuída a um sistema por meio da Força Elétrica da Corrente elétrica, sem aportes históricos.

UR 2.14: “ Abordagens que diferenciem Temperatura de Energia Interna sem o uso de aspectos Históricos”

UR 2.15: “Perspectivas com ausência de diferenciação entre Calor e Temperatura”, reuni fragmentos sem aportes históricos que não diferenciem a natureza do calor da natureza da temperatura.

UR 2.16: “Perspectivas associadas a diferenciação entre Calor e Temperatura sem aspectos Históricos”, contempla fragmentos com diferenciação de cunho conceitual sem a presença de elementos históricos.

UR 2.17: “Perspectivas com ausência de diferenciação entre Calor e Energia Interna”, contempla fragmentos com distorções conceituais acerca do Calor e Energia Interna.

UR 2.18: “Perspectivas associadas à diferenciação entre Calor e Energia Interna”, reuni fragmentos com diferenciação de cunho conceitual sem a presença de elementos históricos.

A **UC3** busca reunir aspectos inerentes a NdC, tais como os apresentados a seguir: o caráter provisório, a evidência empírica, o papel das leis e teorias, a observação e inferência, a criatividade, a subjetividade e a objetividade da Ciência. Para tanto foram construídas cinco Unidades de Registros Prévias.

UR 3.1: “Abordagens do PCE que apresentam o papel da evidência empírica associada à investigação científica”, busca reunir fragmentos que apresentem a construção de investigações científicas de cunho empírico que evidenciem a criatividade, a observação e inferência.

UR 3.2: “Abordagens do PCE associadas aos episódios históricos que apresentem o caráter provisório do desenvolvimento desse conhecimento científico”, agrupa fragmentos que apresentem modelos ou hipóteses científicas para o PCE que foram abandonados devido aos novos modelos.

UR 3.3: “Abordagens do PCE que apresentem alguma característica associada à subjetividade utilizada ao longo da investigação”, reúne fragmentos que apresentem o papel subjetivo exercido por comunidades científicas durante o desenvolvimento desse princípio.

UR 3.4: “Abordagens do PCE que apresentem alguma característica associada à objetividade utilizada ao longo da investigação”, reúne fragmentos que apresentem o papel objetivo exercido por comunidades científicas durante o desenvolvimento desse princípio.

UR 3.5: “Abordagens do conceito de energia que apresentem os elementos de cunho inferencial, criativo e abstrato”, visa reunir fragmentos que apresentem momentos de criatividade, inferência e abstração realizados por comunidades científicas acerca das construções conceituais do PCE.

A **UC4** visa localizar diferenciações entre terminologias científicas relacionadas ao PCE das quais reúne fragmentos textuais que apresentam diferenciação e/ou exemplificação de terminologias científicas, os quais explicitem padrões, ou regularidades fenomenológicas, de modo a relacionarem e/ou diferenciarem, por exemplo, as leis associadas a esse princípio. Para tanto, foram construídas quatro Unidades Prévias de Registro.

UR 4.1: “Diferenciação entre terminologias científicas empregadas na Eletricidade e/ou Magnetismo que se relacionem com o PCE”, reúne fragmentos do PCE que estejam presentes na temática “Eletricidade e Magnetismo” que utilizem de terminologias científicas, tais como: hipóteses, leis, teoremas entre outras, de modo discriminado.

UR 4.2: “Diferenciação entre terminologias científicas empregadas na Termodinâmica que se relacionem com o PCE”, reúne fragmentos do PCE que estejam presentes na temática “Termodinâmica” que utilizem de terminologias científicas, tais como: hipóteses, leis, teoremas entre outras, de modo discriminado.

UR 4.3: “Diferenciação entre terminologias científicas empregadas na Mecânica Clássica que se relacionem com o PCE” reúne fragmentos do PCE que estejam presentes na temática “Mecânica Clássica” e que utilizem de terminologias científicas, tais como: hipóteses, leis, teoremas entre outras, de modo discriminado.

UR 4.4: “Diferenciação entre terminologias científicas empregadas na Ondulatória que se relacionem com o PCE”, reúne fragmentos do PCE que estejam presentes na temática “Ondulatória” e que utilizem de terminologias científicas, tais como: hipóteses, leis, teoremas entre outras, de modo discriminado.

4.4. Análise dos Dados

Conforme mencionado anteriormente, utilizaremos para a análise e interdecodificação dos dados à perspectiva de Bardin (2002). Os referenciais teórico-metodológicos sugerem alguns momentos importantes: a escolha dos documentos a serem analisadas, a construção das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. Tais elementos estão inter-relacionados e não necessariamente seguem uma ordem prévia.

Nessa análise dos LD, espera-se encontrar as características assinaladas pelas avaliações realizadas pelo PNLD, bem como indícios de

abordagens de cunho filosófico acerca o PCE, fragmentos que utilizem de aspectos historiográficos associados ao desenvolvimento desse princípio, fragmentos e terminologias que caracterizem o papel da NdC associadas ao conceito de energia, diferenciação entre as terminologias científicas empregadas ao longo desse conceito.

A hipótese de nossos referenciais (DOMENCH, J. et al, 2003, MATTHEWS, M. R., 1995; LEDERMAN, N., 2000) é de que esses sejam elementos relevantes para o aprendizado desse conceito unificador da ciência, o PCE, além de contribuir para a construção de concepções mais próximas da realidade do desenvolvimento de um empreendimento científico.

Como indicador da presença de discussões filosóficas acerca do PCE, serão levados em consideração fragmentos que apresentem debates, dentro e entre, comunidades científicas a respeito desse princípio, discussões acerca do desenvolvimento desse conhecimento e abordagens teórico-conceituais acerca dos processos de transformação, transferência, conservação e degradação da energia.

Já para os aportes de cunho histórico, serão levados em consideração fragmentos de variadas formas historiográficas, ou seja, serão considerados os diversos tipos de histórias presentes nos LD. Julgamos relevante a separação entre os fragmentos históricos e filosóficos, pois temos a intenção e evidenciar a pouca presença de aportes filosóficos nos LD, caso isso se confirme em nossos dados, e especificamente no desenvolvimento do PCE.

A respeito dos aspectos da NdC, esperamos encontrar fragmentos que mencionem o caráter provisório da *vis viva* e do *calórico*, as hipóteses necessárias para a investigação empírica desse princípio, que cientistas de diferentes comunidades precisaram ter e que, de algum modo, apresentem caráter criativo, bem com aspectos subjetivos presentes ao longo do processo de construção desse conhecimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 O *corpus*

Esta pesquisa utilizou quatro (4) coleções de livros didáticos de Física, totalizando 12 (doze) volumes, os quais foram localizados 847 fragmentos textuais relacionados ao Princípio de Conservação da Energia, estes foram unitarizados por meio da interdecodificação subjetiva, conforme a perspectiva metodológica adotada nessa pesquisa.

Definiremos como *corpus* dessa pesquisa, as Unidades de Contexto 1 e 4, com o intuito de buscar a presença de discussões filosóficas acerca do PCE e a participação de terminologias científicas dentro dos livros didáticos, e todas as unidades de registros gerais que sejam iguais ou superiores a 3,5% de frequência dos fragmentos textuais. Deste modo poderemos contemplar os grupos de fragmentos que tecem as características qualitativas das obras acerca do papel do PCE. Acreditamos que tal corte possa sintetizar as características que vão ao encontro da questão problema: De que modo está posto o tema “Princípio de Conservação da Energia” nos Livros Didáticos e quais perspectivas estão sendo adotadas para esse tema? Que tipos de abordagens Histórico-Filosóficas e de elementos da natureza da ciência podem ser identificados nos Livros Didáticos acerca desse princípio?

5.2 As análises

Iremos utilizar quadros individuais para cada coleção de LD, a fim de expor frequência dos dados produzidos, de modo a auxiliarem as discussões posteriores com os referenciais teóricos.

Para tanto, segue abaixo o quadro 3 referente à primeira coleção, produzida por: POGIBIN, Alexandre; PIETROCOLA, Mauricio; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. **Física em Contextos – Pessoal – Social - Histórico**, Editora FTD, 2012.

Quadro 4: Unitarização da Coleção 1

Unidades de Registro	Coleção 1				
	Total de fragmentos textuais	% total	% v.1	% v.2	% v.3
1.1	5	2,2	8,3	1,4	2,7
1.2	12	5,3	0,0	5,8	5,3
1.3	36	16,0	0,0	20,3	10,7
2.1	1	0,4	0,0	0,7	0,0
2.2	11	4,9	25,0	5,1	1,3
2.3	5	2,2	0,0	2,9	1,3
2.4	20	8,9	33,3	7,2	8,0
2.5	13	5,8	25,0	2,9	8,0
2.6	15	6,7	0,0	8,7	4,0
2.7	5	2,2	0,0	3,6	0,0
2.8	41	18,2	8,3	21,0	14,7
2.9	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.11	6	2,7	0,0	4,3	0,0
2.12	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.13	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.14	1	0,4	0,0	0,7	0,0
2.15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.16	7	3,1	0,0	3,6	2,7
2.17	1	0,4	0,0	0,7	0,0
2.18	2	0,9	0,0	1,4	0,0
3.1	16	7,1	0,0	2,9	16,0
3.2	11	4,9	0,0	4,3	6,7
3.3	4	1,8	0,0	0,7	4,0
3.4	4	1,8	0,0	0,7	4,0
3.5	9	4,0	0,0	0,7	10,7
4.1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.2	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.3	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.4	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totais	225	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: O autor

Abaixo, segue o quadro 4 referente à segunda coleção, produzida por: HELOU, Ricardo D.; GUALTER, José B.; BÔAS, Newton V. **Física**. Editora Saraiva 2012.

Quadro 5: Unitarização da Coleção 2

Unidades de Registro	Coleção 2				
	Total de fragmentos textuais	% total	% v.1	% v.2	% v.3
1.1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.2	3	1,2	2,4	0,0	1,4
1.3	61	25,2	22,0	28,7	24,7
2.1	1	0,4	1,2	0,0	0,0
2.2	5	2,1	1,2	3,4	1,4
2.3	1	0,4	0,0	0,0	1,4
2.4	19	7,9	8,5	10,3	4,1
2.5	9	3,7	2,4	4,6	4,1
2.6	14	5,8	12,2	3,4	1,4
2.7	1	0,4	0,0	1,1	0,0
2.8	65	26,9	17,1	28,7	35,6
2.9	1	0,4	1,2	0,0	0,0
2.10	2	0,8	1,2	0,0	1,4
2.11	11	4,5	11,0	0,0	2,7
2.12	11	4,5	0,0	0,0	15,1
2.13	1	0,4	0,0	0,0	1,4
2.14	1	0,4	0,0	1,1	0,0
2.15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.16	2	0,8	0,0	2,3	0,0
2.17	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.18	11	4,5	0,0	12,6	0,0
3.1	4	1,7	2,4	0,0	2,7
3.2	3	1,2	2,4	1,1	0,0
3.3	7	2,9	7,3	1,1	0,0
3.4	0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.5	9	3,7	7,3	1,1	2,7
4.1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.2	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.3	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.4	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totais	242	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: O autor

A seguir, apresentamos o quadro 5 referente à terceira coleção produzida por: KANTOR, Carlos A.; JUNIOR, Lilio A. Paoliello; MENEZES, Luis C. de;

BONETTI, Marcelo de C.; JUNIOR, Osvaldo C.; ALVES, Viviane M.; **Quanta Física**.
 Editora PD, 2012.

Quadro 6: Unitarização da Coleção 3

Unidades de Registro	Coleção 3				
	total de fragmentos textuais	% total	% v.1	% v.2	% v.3
1.1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.2	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.3	49	35,3	44,1	30,3	27,7
2.1	5	3,6	1,7	0,0	8,5
2.2	2	1,4	0,0	0,0	4,3
2.3	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.4	2	1,4	1,7	0,0	2,1
2.5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.6	12	8,6	11,9	3,0	8,5
2.7	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.8	51	36,7	23,7	66,7	31,9
2.9	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.11	3	2,2	3,4	0,0	2,1
2.12	2	1,4	1,7	0,0	2,1
2.13	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.14	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.15	1	0,7	0,0	0,0	2,1
2.16	6	4,3	5,1	0,0	6,4
2.17	4	2,9	3,4	0,0	4,3
2.18	2	1,4	3,4	0,0	0,0
3.1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.2	0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.3	0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.4	0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.2	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.3	0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.4	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totais	139	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: O autor

Conforme a ordem, apresentamos o quadro 6 referente à quarta coleção produzida por: SANT'ANNA, Blaidi; MARTINI, Glória; REIS, Hugo C.; SPINELLI, Walter. **Conexões com a Física**. Editora Moderna, 2012.

Quadro 7: Unitarização da Coleção 4

Unidades de Registro	Coleção 4				
	Total de fragmentos textuais	% Total	% v.1	% v.2	% v.3
1.1	3	1.2	3.8	0.0	1.1
1.2	9	3.7	5.8	2.0	4.5
1.3	53	22.0	17.3	24.0	22.5
2.1	6	2.5	0.0	2.0	4.5
2.2	10	4.1	0.0	3.0	7.9
2.3	7	2.9	5.8	0.0	4.5
2.4	9	3.7	5.8	4.0	2.2
2.5	7	2.9	3.8	4.0	1.1
2.6	19	7.9	13.5	9.0	3.4
2.7	3	1.2	1.9	2.0	0.0
2.8	56	23.2	25.0	29.0	15.7
2.9	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.10	3	1.2	0.0	0.0	3.4
2.11	5	2.1	5.8	0.0	2.2
2.12	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.13	8	3.3	5.8	3.0	2.2
2.14	7	2.9	0.0	0.0	7.9
2.15	3	1.2	0.0	3.0	0.0
2.16	1	0.4	0.0	1.0	0.0
2.17	3	1.2	0.0	3.0	0.0
2.18	1	0.4	0.0	1.0	0.0
2.19	1	0.4	0.0	1.0	0.0
3.1	6	2.5	0.0	2.0	4.5
3.2	2	0.8	1.9	1.0	0.0
3.3	11	4.6	3.8	5.0	4.5
3.4	1	0.4	0.0	0.0	1.1
3.5	7	2.9	0.0	1.0	6.7
4.1	0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.2	0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.3	0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.4	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totais	241	100.0	100.0	100.0	100.0

Fonte: O autor

Deste modo, conforme mencionado na delimitação do *corpus* dessa pesquisa, analisaremos as seguintes UR: 1.1, 1.2, 1.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.8 e 3.1.

Análise da UC 1: No intento de apresentar abordagens de cunho filosófico, ou seja, com aportes da Filosofia da Ciência nos LD, construiu-se a UC 1. Pode-se observar nos Quadros apresentados, que a menor incidência de fragmentos textuais deram-se na UR 1.1, a qual contempla presença de fragmentos textuais que evidenciam a presença de discussões filosóficas acerca do PCE. A presença desse elemento, conforme é citado nos aspectos da NdC contribui para o processo de humanização da ciência, pois mostram, por meio de debates, coleções de ideias que foram desenvolvidas ou abandonadas em determinados momentos da ciência. Apresentam *insights* que se deram por meio de disputas entre empreendimentos científicos. Além disso, evidenciam as crenças, valores pessoais e coletivos presentes no desenvolvimento do conhecimento científico, bem como o caráter criativo inerente das atividades científicas. (LEDERMAN, 1992)

As avaliações realizadas pelo PNLD de cada uma das obras mencionam que:

[...] Os conteúdos programados são tratados com **uma forte atenção à sua historicidade**. Nesse sentido, a coleção apresenta **muitos textos com biografias contextualizadas de grandes cientistas e com discussões sobre os processos de construção e de evolução de conceitos e teorias físicas**. Também são mostradas situações de colaboração entre cientistas, assim como algumas polêmicas, controvérsias e **mudanças paradigmáticas na História da Ciência**. Enfatiza-se, assim, a ideia de que a ciência é uma atividade humana, em constante evolução, sujeita a condicionamentos históricos, socioculturais e econômicos, fruto de ações de grandes cientistas, influenciadas pelo intercâmbio de informações e pela cooperação entre eles [...] **Coleção 1** (PNLD, 2012, p.79)

[...] A preocupação em apresentar **o desenvolvimento dos conhecimentos físicos para se chegar a compreender as suas formulações mais atuais como resultado de um longo processo de construção coletiva da humanidade, a partir do trabalho de muitas mentes ao longo da história, é recorrente nesta coleção**. Nesse sentido, destacam-se as **discussões que problematizam o caráter da ciência**, mesmo que, em alguns momentos, tais discussões acabem por se centrar em **comentários biográficos ou em referências históricas** a figuras eminentes da ciência [...] **Coleção 2** (PNLD, 2012, p.61)

[...]Em um número menor de casos, **são apresentadas atividades envolvendo elementos da História da Ciência, que facilitam a compreensão de aspectos epistemológicos do processo de construção de teorias e suas interações sociais**[...] **Coleção 3** (PNLD, 2012, p. 54)

[...] A coleção estimula o estudo de fenômenos físicos associados a avanços recentes da tecnologia, relacionando-os, sempre que possível, às **condições científicas que conduziram a tais avanços. As discussões**

para isso são subsidiadas, prioritariamente, pelos textos existentes em boxes [...] Coleção 4 (PNLD, 2012, p.41)

Entretanto pode-se observar, ao longo dos quadros, a pouca frequência de fragmentos textuais associados à UR 1.1 que contemplam discussões de cunho filosófico acerca do PCE. Acreditamos, assim como Bachelard (1996), que a concepção sobre um conceito se dê entre o processo de formação dos conhecimentos em compreensão e os conhecimentos em extensão, e que esses momentos, extensão e compreensão, só são possíveis em paradas epistemológicas. Além disso, conforme mencionado em nossos referenciais teóricos, acreditamos que a falta desses elementos nos LD contribuem para ausência de paradas epistemológicas, ou seja, de discussões de cunho filosófico, o que corrobora para uma formação não humanizada e não fecunda da ciência, reforçando concepções tais como: “O cientista”, “O método” e “A descoberta”. Abaixo, destacamos três, dos oitos fragmentos textuais atribuídos a UR 1.1 que se relacionaram com os aspectos mencionados pelo PNLD:

[...] Embora Einstein tenha colaborado de forma definitiva com a Mecânica Quântica e tivesse a mente aberta às novas ideias, suas palavras mostram como a ideia de descontinuidade na natureza abalou suas convicções como físico: “Todas as minhas tentativas para adaptar os fundamentos teóricos da física a esse novo tipo de conhecimento fracassaram completamente. Era como se o solo debaixo de meus pés tivesse sido retirado, sem nenhum fundamento firme, sobre o qual se pudesse construir, estivesse à vista. (C4, v.3, p. 368)

[...] O matemático e filósofo alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716) contrapôs a ideia de Descartes de conservação da quantidade de movimento expressa na forma de grandeza escalar por meio de exemplos triviais. Leibniz introduziu o conceito, denominado *vis viva*, expresso pelo produto da massa de um corpo pelo quadrado da velocidade, por meio desse produto, Leibniz apresenta sua ideia de conservação do movimento do corpos. (C4, v.1, p. 433)

[...] As controvérsias sobre a conservação das duas grandezas permeou as discussões filosóficas até meados do século XVIII, época que o matemático francês D’Alembert (1717-1783) conseguiu discriminar que a expressão proposta por Descartes estaria relacionada ao efeito temporal da força (ou seja, impulso), enquanto o conceito de Leibniz se associava ao efeito espacial dessa grandeza física [...] (C4, v.1, p. 433)

Em relação às abordagens epistemológicas acerca desse princípio, conforme UR 1.2, observa-se 24 (vinte e quatro) fragmentos textuais que buscam evidenciar as construções dos empreendimentos científicos, quantidade pouco expressiva, vista em relação ao número total de fragmentos analisados. Destacamos

dois dos fragmentos relacionados à UR 1.2 no intento de clarificar os elementos abordados por esta unidade de registro,

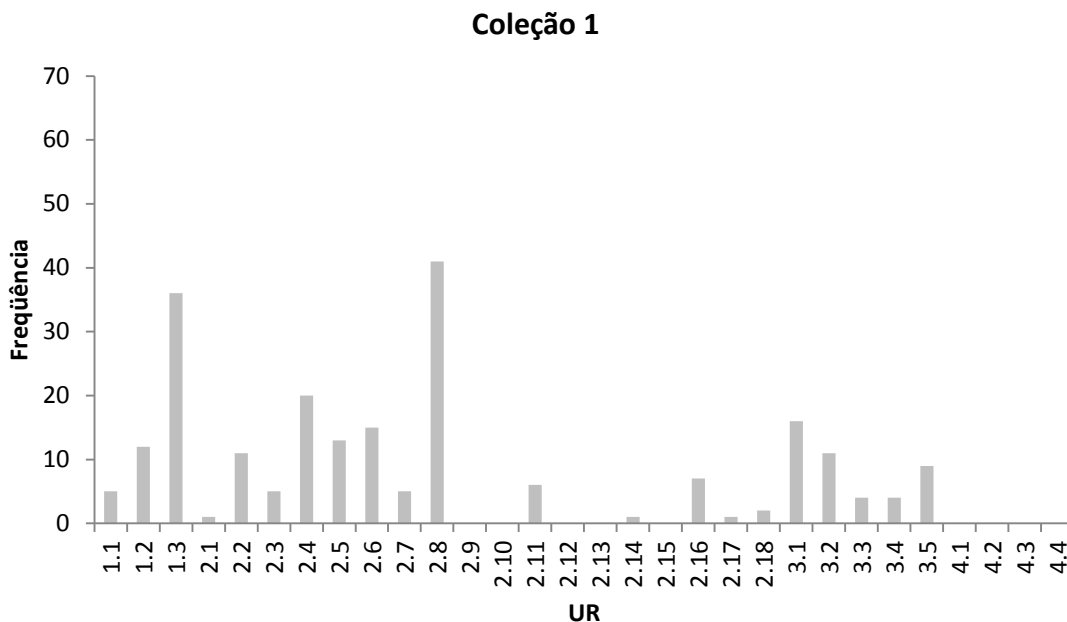
[...] Galileu Galilei era um dos adeptos da teoria a conservação dos movimentos na natureza e por isso discutiu essa ideia em seus famosos diálogos. Na obra *Duas novas Ciências*, de 1632, ele utiliza um experimento simples para comprovar sua proposição. O que demonstra o pêndulo de Galileu? [...] palavras do cientista: Imaginem que esta folha de papel é um muro vertical e que de um prego fixado nele pende uma bola de chumbo de uma ou duas onças, suspensa de um fio muito fino AB [...] Conduzindo posteriormente o fio AB com a bola até AC, soltem a bola: num primeiro momento veremos que ela desce descrevendo um arco CBD e ultrapassa o ponto B tanto que, percorrendo o arco BD, chegará quase à paralela traçada CD, não chegando a toca-la por um pequeno intervalo, o que é causado pela resistência que opõem o ar e o fio. Disto podemos perfeitamente concluir que o ímpeto adquirido pela bola no ponto B, ao transpor o arco CB, foi suficiente para elevá-la segundo um arco similar BD à mesma altura. [...] Assim, de modo geral, todo o momento adquirido durante a descida por um arco é igual àquele que pode fazer subir o mesmo móvel pelo mesmo arco [...] (Coleção 1, v.1, p. 95)

[...] No início da Revolução Industrial, o tema calor despertava interesse de muitos setores da Física. Na longa marcha para a teoria que envolve calor e energia, dentre muitos cientistas, destaca-se o físico britânico James Prescott Joule (1818-1889). Numa época em que a própria Ciência sofria várias mudanças, pois deixava de ser percebida como apenas uma forma de organização do conhecimento e ampliava o domínio das fontes de energia da natureza, Joule contribuiu para a percepção de que a energia pode ser extraída e transformada. Por exemplo, foi o primeiro a estabelecer o princípio da interconvertibilidade das diversas formas de energia [...] (Coleção 1, v.1, p. 220)

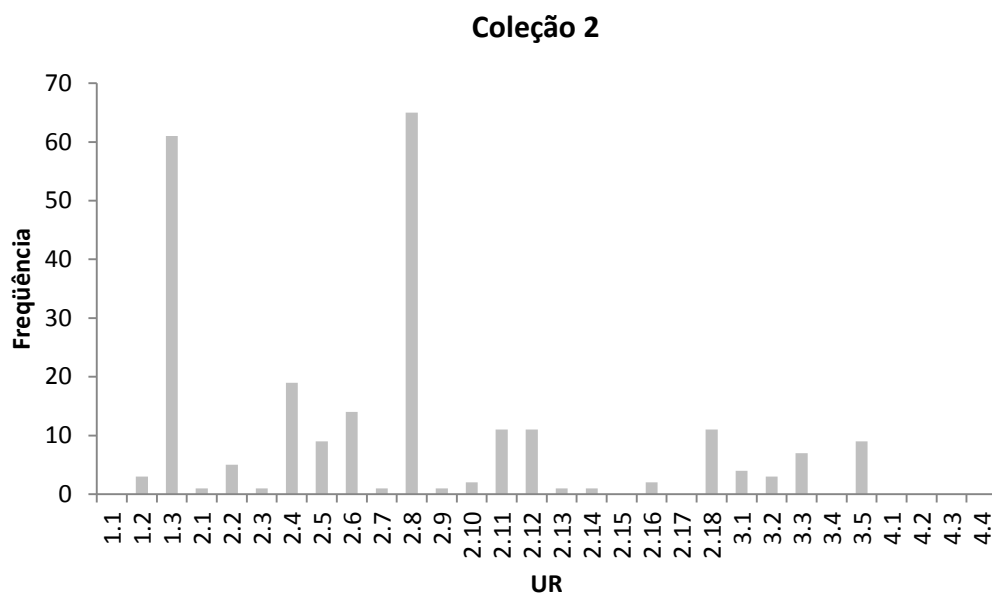
Percebe-se uma pequena valorização desses elementos nas abordagens realizadas nas coleções. Podemos dizer que, especificamente a coleção 1 apresenta um grande número de abordagens históricas, porém poucas relacionadas a esse conceito unificador, como considerado pelos autores (ANGOTTI, 1991; LEDERMAN, 1998; DOMÉNECH, J. L., 2003; GIL- PÉREZ, 2005; ORTIGOZA et al, 2010).

Outro aspecto relevante que podemos observar ao longo dos quadros, em relação à UC 1, é a maior incidência de fragmentos textuais acerca da UR 1.3, que contempla fragmentos com características conceituais, relacionados aos processos de transferência, transformação, transmissão e degradação, associados ao PCE. Esses fragmentos foram agrupados nessa UR porque apresentaram aspectos referentes aos processos citados e/ou ao emprego destas terminologias.

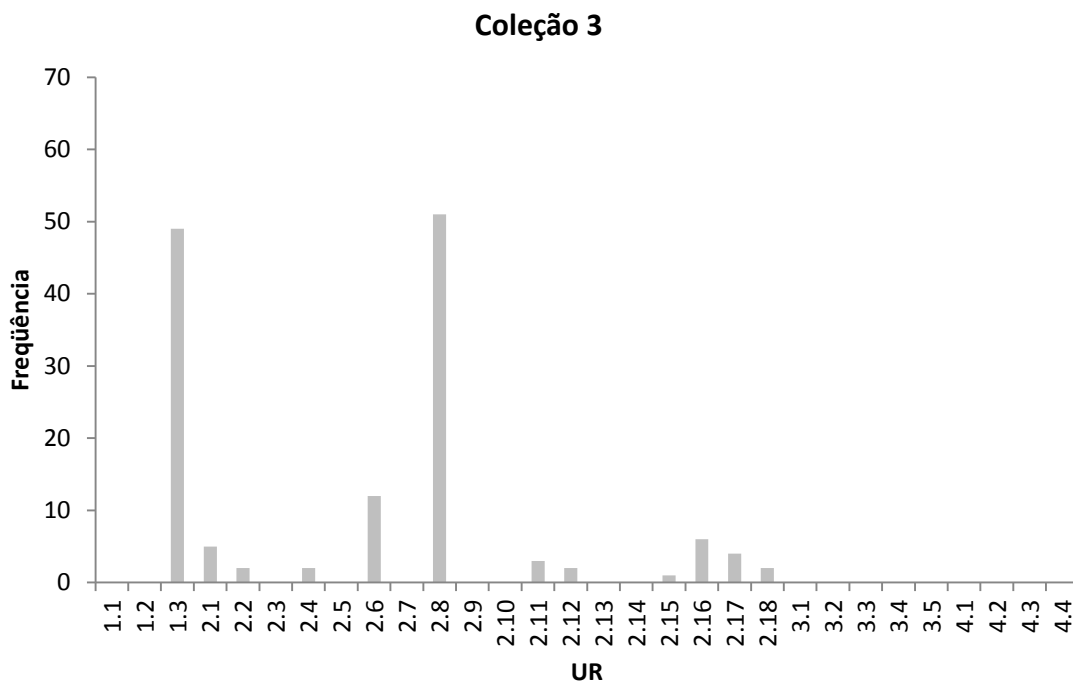
No intento de melhor apresentar a presença dos fragmentos nas UR e das demais perspectivas contempladas pelas obras, utilizaremos de histogramas abaixo apresentados.



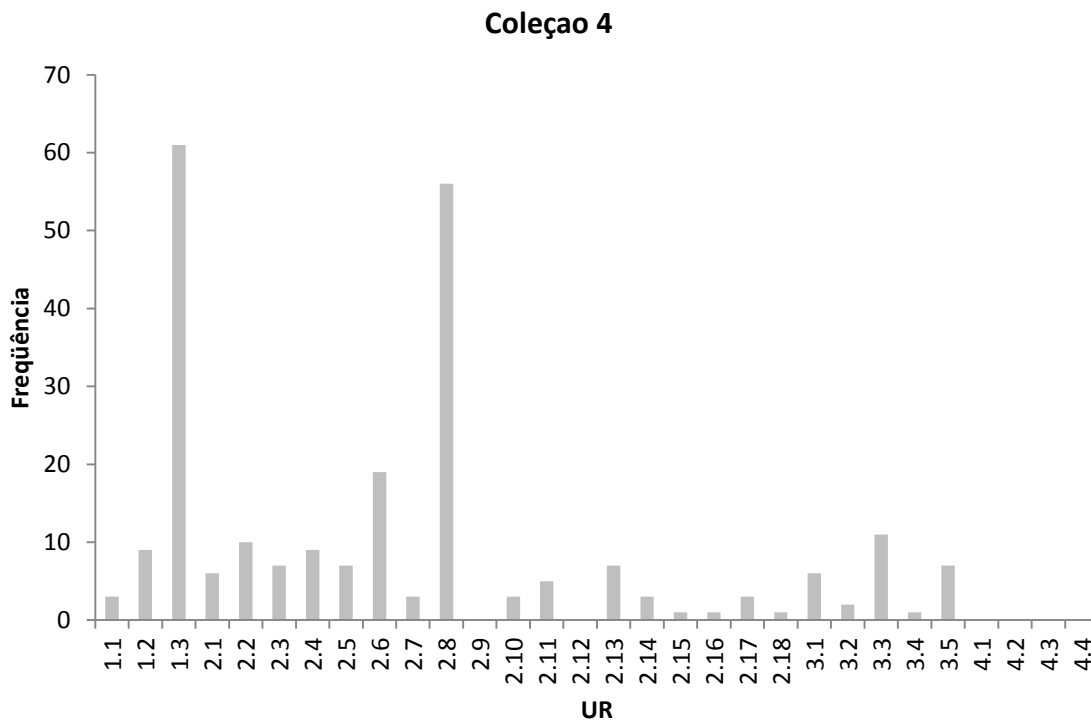
Histograma 3. Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 1.



Histograma 4. Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 2.



Histograma 5. Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 3.



Histograma 6. Polígono de frequências dos fragmentos textuais relacionados às UC1, UC2, UC3 e UC4, referentes à coleção 4.

Pode-se observar ao longo desses, a maior incidência de fragmentos nas UR 1.3 e 2.8, suas razões serão discutidas posteriormente.

De acordo com Duit (1986) é necessária, para a construção de uma visão aproximada do conceito de energia, a compreensão de um conjunto de características, tais como: transformação, transferência, conservação e degradação. Os conhecimentos desses processos possibilitam a ancoragem de novos conceitos, como a Entropia e o entendimento das concepções da energia. Entretanto, abordagens acerca dessas características devem contemplar o papel assumido pela energia, evitando atribuí-lo a visões quase-materiais ou com características substancialistas, por exemplo, fluido, calórico, entre outros (DOMÉNECH, , 2003). Como exemplo, utilizaremos dois fragmentos textuais de cada coleção, os quais foram reunidos nessa UR 1.3.

[...] Supondo que fosse possível transformar toda essa energia relativística em energia elétrica para alimentar um aparelho de TV comum de 100 W de potência[...] (C1, v.2, p 25)

[...] O aquecimento da água provoca sua evaporação, dando início ao ciclo da água. Parte da energia é dissipada no ambiente durante a condensação, mas 1.10^5 J são armazenados na forma de energia potencial gravitacional[...] (C1, v.2, p. 101)

[...]O vapor de água expande-se por uma tubulação, na qual encontra, como obstáculo, as partes móveis de uma turbina. Por causa da expansão, esse vapor aciona as turbinas, girando-as para a produção de energia elétrica. Observe que parte da energia térmica existente nas partículas do vapor é transformada em energia mecânica na movimentação das partes móveis das turbinas, com a realização de trabalho[...] (C2, v.2, p. 113)

[...] Suponha que a potência dissipada no resistor seja igual a 20 W, o que significa que ele está recebendo 20 J de energia por segundo [...] (Coleção 2, v.3, p.120)

[...] a transmissão de calor ocorre por meio da agitação das partículas: há transferência de energia através do corpo [...] (C3, v.1, p.29)

[...] A quantidade de energia transformada por um aparelho pode ser estimada a partir de sua potência[...] (C3, v.2, p.53)

[...] O trabalho da força elástica pode modificar o estado de movimento dos corpos transferindo a eles energia cinética. (C4, v.1, p.382)

[...] Nessa fase, a energia cinética que os corpos possuíam antes do choque pode ser transformada total ou parcialmente em energia potencial elástica. No momento que ocorre essa transformação de energia, os corpos que se chocam param, e a energia potencial elástica é armazenada, sendo posteriormente utilizada na fase de restituição, transformando-se novamente em energia cinética. (C4, v.1, p.430)

Todos os fragmentos textuais evidenciaram o papel da transferência e da transformação da energia nos processos citados. Todavia, os autores fizeram uso de termos os quais remetem a visões já superadas pela ciência, ao mencionar, como destaca o grifo nosso, a energia “armazenada”, “possuída”, “existente no corpo”, e “através dos corpos” em questão, bem como de visões associadas às concepções do senso comum. Tais imprecisões corroboram para a compreensão inadequada do conceito do PCE. E reafirmam as primeiras impressões acerca do PCE advindas do teorema da *Força Viva*, dando significado de que esse princípio derivou de leis pertencentes à dinâmica do movimento (ARONS, 1989) ou fazem menções ao fluido imponderável, o *Calórico*. (TRUMPER, 1990).

Na UR 1.3 foram unitarizados 207 (duzentos e sete) fragmentos textuais, os quais muitos estão permeados por concepções alternativas ou imprecisas acerca da energia. Devemos mencionar que, além desses fragmentos imprecisos, existem outros que corroboram com concepções adequadas acerca o PCE. Podemos citar:

[...] A transformação de energia é totalmente reversível e pode ser associada forma de energia potencial [...] (C1, v.2, p.67)

[...] Veremos situações em que o sistema físico intermediário na conversão entre a energia térmica e a energia mecânica é o modelo teórico de gás que denominamos gás perfeito. (C2, v.2, p.113)

[...] Em termos energéticos, dizemos que, por meio do trabalho realizado pela força peso, P, a energia potencial gravitacional associada ao corpo, no início da queda livre, transformou-se totalmente em energia cinética, no final da queda [...] (C3, v.2 p.53)

Entretanto, acreditamos que essas abordagens associadas com outras imprecisas corroborem para a formação de concepções deformadas do PCE, conforme apresentado no quadro 1. Percebe-se que muitas dessas abordagens suscitam o uso de analogias, assim como Perelmam (1987), assumimos que uma analogia não tem o papel de substituir a essência do conhecimento a ser transposto, essa por sua vez desempenha um papel de auxiliar a construção e organização desse conhecimento, ou seja, de sugerir um modo de como o não cognoscível possa ser compreendido. Não estamos depreciando os papéis das diversas analogias assumidas muitas vezes para transpor a essência do Princípio da Conservação da Energia, mas sugerindo uma clara utilização do seu papel heurístico.

Na UC 2, buscamos apresentar fragmentos da História da Ciência relacionados ao desenvolvimento do PCE, a fim de tipificar algumas abordagens

históricas retratadas nos LD. Para tanto, reunimos nessa seção todos os fragmentos, conforme as denominações feitas nas UR que se relacionaram com o PCE e seu desenvolvimento. Além disso, procuramos agrupar fragmentos textuais que apresentavam relações com esse conceito, porém sem aspectos da HFC.

Na UR 2.1 foram localizados 13 fragmentos textuais associados com abordagens da História da Ciência relacionados ao PCE com enfoque evolutivo linear, sendo a maioria destes apresentados nas coleções 3 e 4, com cinco (5) e seis (6) fragmentos textuais, respectivamente. Segue abaixo um fragmento textual afim de exemplificar as abordagens localizadas:

“Analisando gráficos desse tipo, o físico alemão Wilhelm Wien (1864 – 1928) chegou a importantes conclusões a respeito da intensidade da radiação emitida por um corpo negro. A primeira delas diz respeito à forma geral da curva desse gráfico, que é sempre a mesma para qualquer corpo negro, independente do material de que é feita a cavidade. A segunda conclusão esta relacionada com os picos de cada curva [...] esses picos se deslocam para a direita – ou seja, rumo a frequências muito altas -, ao passo que a temperatura do corpo negro aumenta. Em 1893, Wien obteve uma expressão matemática que relacionava a frequência em que ocorria o pico com a temperatura do corpo negro[...] Outra tentativa de obter os dados experimentais[...] foi feita em 1900 pelos físicos John Rayleigh (1842 – 1919) e James Jeans (1877 – 1946). Eles consideraram que as ondas eletromagnéticas emitidas pelas paredes da cavidade se comportariam como ondas estacionárias em uma corda vibrante, o que lhes permitiu chegar a uma expressão matemática que relacionava intensidade da radiação do corpo negro com a frequência dentro da cavidade e com a temperatura absoluta desta.” (C4, v.3, p. 341 - 342)

NA UR 2.2 foram sinalizados 28 fragmentos textuais relacionados com os abordagens do tipo quase-histórias relacionadas ao PCE. As coleções 1 e 4 obtiveram as maiores incidências, com 11 e 10 fragmentos textuais, respectivamente. Construções históricas com este viés podem favorecer a visões distorcidas acerca do empreendimento científico, pois corroboram com uma lógica positivista, a qual valorizam apenas os acontecimentos das ideias que deram “certo”, atribuindo as conquistas ou “descobertas” a cientistas com mentes brilhantes e alto grau de genialidade. Segue abaixo alguns fragmentos textuais:

Mas todas as ideias, mesmo engenhosas, passam por dificuldades. O que ocorre com a vis viva no caso de um corpo lançado para cima ao atingir a altura máxima?, perguntavam os críticos. Como a velocidade do corpo no ponto mais alto de sua trajetória é zero, a vis viva também é zero, $mv^2 = 0$. Leibniz dizia que, nesse ponto, a vis viva fica latente, escondida, tanto que logo em seguida o corpo volta a se movimentar e, ao atingir a posição inicial, possui a mesma velocidade que tinha antes. Leibniz sustentava que

a vis viva se conserva em todas as transformações porque passa de um corpo em movimento para outro, basta apenas que procuremos onde ela se encontra. (C1, v.2 p. 29)

No final do século XVIII, Thompson foi agraciado pela família real da Bavária com título de Conde de Rumford, depois de ter observado o aquecimento na perfuração de canhões e obtido um importante argumento para contrariar a hipótese do calor como substância. Ele se manifestou da seguinte forma[...] De acordo com sua observação e forma de pensar, toda vez que perfurava um bloco de ferro para fazer um canal por onde a bala passaria, havia um brutal aumento de temperatura. E, nesse caso, não havia corpo quente em contato com o bloco de metal que pudesse estar lhe transferindo calórico.

Para Thompson, o calor só podia ser o movimento das partículas da substância [...] (C1, v.2 p. 165)

Embora inicialmente aceitável, na prática a ideia de que o movimento se conserva enfrenta alguns problemas. Quando lançamos uma bola num piso horizontal, seu movimento vai diminuindo até parar. Para onde foi o movimento original da bola? Descartes diria que se transferiu para as partículas do ar e do próprio piso, na forma de movimentos microscópicos, impossíveis de serem vistos pelos olhos[...] Com procedimentos desse tipo Descartes escapava da maioria das situações em que o movimento parecia desaparecer. (C1, v.2, p. 28)

Observa-se, na UR 2.4, por meio dos histogramas apresentados, o total de 50 (cinquenta) fragmentos textuais associados às abordagens históricas com enfoque biográfico. O PNLD apresenta em suas avaliações os seguintes trechos relacionados às abordagens feitas nestas coleções:

[...] Esta obra destaca-se pela forma de abordagem dos conteúdos de Física, articulando aspectos conceituais, históricos e metodológicos. Os assuntos são apresentados de forma contextualizada, em linguagem simples e dialógica, favorecendo, assim, não só a aprendizagem dos aspectos conceituais dos conteúdos de Física, mas também dos processos de constituição e evolução dos conceitos físicos e das relações entre Física e Sociedade. (PNLD, 2012, p.77) Referente à **Coleção 1**.

[...] A preocupação em apresentar o desenvolvimento dos conhecimentos físicos para se chegar a compreender as suas formulações mais atuais, como resultado de um longo processo de construção coletiva da humanidade, a partir do trabalho de muitas mentes ao longo da história, é recorrente nesta coleção. Nesse sentido, destacam-se as discussões que problematizam o caráter da ciência, mesmo que, em alguns momentos, tais discussões acabem por centrar em comentários biográficos ou em referências históricas a figuras eminentes da ciência [...] (PNLD, 2012, p.61) Referente à **Coleção 2**.

[...] Em um número menor de casos, são apresentadas atividades envolvendo elementos da História da Ciência, que facilitam a compreensão de aspectos epistemológicos do processo de construção de teorias e suas interações sociais[...]Embora reproduza alguns equívocos e imprecisões comuns em obras didáticas, no que concerne a aspectos históricos do desenvolvimento científico, esses não chegam a comprometer a qualidade do material [...]. (PNLD, 2012, p.54) Referente à **Coleção 3**.

[...] Uma característica própria da obra é a presença de vários boxes, que permeiam o texto principal, por meio dos quais alguns elementos relacionados à História da Física, à Física e tecnologia, a conexões com o cotidiano e à Física Moderna são apresentados ao aluno. [...] A coleção estimula o estudo de fenômenos físicos associados a avanços recentes da tecnologia, relacionando-os, sempre que possível, às condições científicas que conduziram a tais avanços [...] Os boxes identificados pelo título Sempre foi assim? exploram, ainda que de modo aligeirado, aspectos relativos à construção de alguns conceitos e o papel que tiveram no desenvolvimento histórico da Física [...]. (PNLD, 2012, p.42) Referente à **Coleção 4**.

Conforme mencionamos, em nossos referenciais, múltiplas abordagens históricas podem ser contempladas quando se trata de educação em ciências, sendo permitidas certas “distorções” (MATTHEWS, 1994), entretanto, acreditamos que determinados elementos, em abordagens históricas, devem ser contemplados evitando corroborar com distorções conceituais, com imprecisões epistemológicas e ocultação do papel da NdC. Assumimos que abordagens biográficas corroboram com as visões associadas à construção individual, imparcial e neutra da Ciência. A seguir, apresentaremos alguns fragmentos unitarizados nesta UR 2.4.

“A fórmula que descreve a relação entre essas duas grandezas foi obtida pelo cientista irlandês Robert Boyle, em 1662. Em 1676, o físico francês Edme Mariotte descobriu a mesma relação, daí a lei matemática que rege uma transformação isotérmica ser chamada de lei de Boyle-Mariotte. Em seu experimento, os cientistas estabeleceram que sob temperatura constante a pressão e o volume de um gás são inversamente proporcionais, ou seja, o produto da pressão e do volume é constante.” (C1, v. 2, p. 182)

“Clausius nasceu em 1822 em Koslin, antiga Prússia, hoje denominada Koszalin e pertencente à Polônia. Seu pai, um pastor protestante empenhou-se para que sua educação fosse a melhor possível, e ele estudou no Liceu de Stettin até 1840, quando ingressou na universidade de Berlim. No início pretendia estudar História, mas resolveu concentrar-se em Matemática e Física. Em 1844, após o término do curso, passou a ensinar. Em 1847 apresentou sua dissertação na Universidade de Halle, onde recebeu doutorado com distinção em 1848. [...] Em 1850, publicou seu primeiro trabalho sobre a Teoria Mecânica do Calor. (C2, v. 2, p. 134)

“O físico italiano Alessandro Volta (1745 – 1827) inventou a pilha eletroquímica em 1800, quase um século antes de a eletricidade ser utilizada em larga escala nas residências, nas fábricas e no comércio.[...] A pilha de volta era constituída de um empilhamento de placas alternadas de zinco e cobre, separadas por um pano ou papel embebido em solução ácida.[...]” (C3, v.1, p. 94)

A UR 2.5 foram reunidos 29 (vinte e nove) fragmentos textuais relacionados com perspectiva histórica com viés empirista. As coleções 1 e 2 apresentaram 13 (treze) e 9 (nove) fragmentos textuais, respectivamente. A seguir apresentasse um fragmento textual referente a esta unidade de registro.

“Tudo parece ter começado com um convite do editor da revista *Annals of Philosophy* para Faraday escrevesse um resumo das experiências e teorias sobre o eletromagnetismo realizadas o ano anterior. Faraday, então assistente do químico Humphry Davy, assumiu a tarefa com a seriedade que marcaria sua carreira de cientista [...] No caderno de experimentos que Faraday mantinha, quase como um diário onde anotava todas as descrições de seus estudos. [...] A descoberta apareceu em uma das montagens experimentais que usava para estudar o assunto.” (C1, v. 3, p. 183)

Na UR 2.6 foram reunidos 60 (sessenta) fragmentos textuais associados às abordagens do conceito trabalho mecânico sem aspectos historiográficos. Percebe-se que a abordagem conceitual está presente em todas as obras, mesmo as que mencionam o uso de abordagens contextualizadas ou com natureza historiográfica. Alguns autores Domench et al (2003); Solomon, (1985); Driver (1985) e Warrington (1985) assumem que abordagens acerca do conceito energia relacionam-se, como primeira aproximação, a energia com a capacidade de estabelecer transformações, estes acreditam que uma abordagem somente pelo viés conceitual favorece a compreensão do conceito de energia associado unicamente a capacidade de realizar trabalho. A seguir apresentamos alguns fragmentos textuais que foram agrupados nesta unidade.

“O trabalho total, das forças internas e externas, realizado sobre um corpo é igual a variação de sua energia cinética. [...]” (C2, v. 1, p. 267)

“A energia transferida é equivalente a um trabalho” (C2, v. 1, p. 274)

“Quando o trabalho de uma força é positivo, é comum o chamarmos de trabalho motor; quando é negativo de trabalho resistente. No primeiro caso, força aplicada é no mesmo sentido do movimento e, no segundo, no sentido oposto.” (C1, v. 2, p. 42)

“Se considerarmos um processo em que a pressão sobre o êmbolo, e, naturalmente, sobre o gás, se mantém constante, podemos obter uma expressão para o cálculo do trabalho da força aplicada pelo gás.” (C1, v. 2, p. 264)

“A primeira lei da termodinâmica é uma lei que expressa o princípio de conservação da energia de um sistema considerando três formas diferentes de energia: o trabalho mecânico, a variação da energia interna e o calor.” (C4, v. 2, p. 167)

“Nas máquinas térmicas, há conversão de calor em trabalho mecânico[...] O trabalho é realizado pelo gás, e não ocorre variação de energia interna, por se trata de uma transformação em que o gás sai de um estado e a ele retorna. Para realizar esse trabalho, o gás necessita de energia (calor). Como o gás recebe calor do meio, então $Q > 0$.” (C4, v. 2, p. 179)

“O trabalho realizado por uma máquina térmica pode ser calculado a partir das variáveis termodinâmicas de um gás. Vimos que o trabalho de uma força (F) constante aplicada na mesma direção que o deslocamento (d) do objeto pode ser calculado[...]” (C3, v. 1, p. 78)

“Mesmo quando a pressão do gás não for constante, o trabalho pode ser calculado pela área entre a curva (linha que corresponde a pressão em função do volume) e o eixo horizontal do gráfico.” (C3, v. 1, p. 78)

Na UR 2.8 foram reunidos 213 (duzentos e treze) fragmentos textuais que possuem o viés substancialista, ou seja, o calor ou a energia, na forma de um fluido ou substância sem relações com episódios históricos. Estudiosos como Duit (1987) expressam que a utilização dessas abordagens produz obstáculos acerca da ideia científica da energia. Tal concepção, já superada no século XVII (TRUMPER, 1990), obstrui futuras compreensões de conceitos científicos pelos estudantes. Pode-se citar a segunda lei da termodinâmica, a qual se refere que nem toda energia servirá para realizar trabalho, pondo essa concepção em questão. Autores como Angotti (1991) mencionam ainda que o PCE é um dos norteadores de um dos conceitos mais sofisticados da termodinâmica, o crescimento da Entropia, o qual direciona diversas pesquisas atuais.

Apresentaremos a seguir alguns fragmentos para exemplificar as abordagens unitarizadas nesta UR:

[...] Esses três fios passam então pelo relógio de Luz, que mede a quantidade de energia elétrica consumida pela família[...] (C1, v.3, p. 91)

[...] Nesse processo as partículas que escapam são aquelas que tem energia cinética maior que a da maioria, energia suficiente para se livrarem das demais moléculas do líquido.[...] (C2, v.2, p. 63)

[...] A energia interna refere-se a energia armazenada nos átomos e moléculas que compõem o sistema, sendo a energia térmica, relacionada ao movimento desordenado dessas partículas, uma das componentes da energia interna. [...] (C3, v.1, p. 67)

[...] As máquinas térmicas operam em ciclos. Retiram uma quantidade de calor de uma fonte quente e, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, converte parcialmente essa energia em trabalho mecânico, rejeitando outra parte e transferindo-a na forma de uma quantidade de calor para uma fonte fria [...] (C4, v.2, p. 183)

Na UR 2.11 foi possível reunir 25 (vinte e cinco) fragmentos textuais referentes à diferenciação entre os conceitos de Força e Energia sem viés historiográfico. Podem-se perceber pelos quadros 4 e 5, que a coleção 1 apresenta 6 (seis) fragmentos textuais e a coleção 2, 11 (onze) fragmentos textuais.

“Entretanto, de onde vem essa energia? Ocorre que a partir do ponto A a força exercida pela pessoa passa a realizar trabalho sobre o carrinho. Esse trabalho é assimilado sob a forma de energia cinética” (C2, v.1, p 290)

“A força de sustentação de um avião é exercida principalmente nas asas da aeronave. Elas têm um desenho específico de modo que o ar escoar com maior velocidade pela superfície de cima. Com isso, a pressão exercida nessa fase é menor que a pressão verificada no lado de baixo” (C2, v.1, p 417)

Na UR 2.12 apresentou 13 (treze) fragmentos textuais relacionados à diferenciação entre o conceito de Trabalho e Diferença de Potencial sem relações com aspectos históricos. A coleção 2 teve a maior incidência, apresentando 11 (onze) fragmentos textuais. Apresenta-se abaixo um fragmento textual associado a esta unidade de registro.

“Isso significa que o trabalho realizado pela força gravitacional sobre o corpo é igual à diferença entre a energia potencial inicial e a energia potencial final.” (C2, v. 3, p. 63)

“ [...] ao deslocar uma carga puntiforme q , em um campo elétrico, de um ponto A até um ponto B, o trabalho que a força elétrica, também conservativa, realiza sobre a partícula é τ_{AB} , dado por:

$$\tau_{AB} = E_{pA} - E_{pB} \text{ (C2, v. 3, p. 63)}$$

Na UR 2.16 foram encontrados 16 (dezesesseis) fragmentos textuais que promoveram a diferenciação entre o calor e a temperatura sem a presença de elementos históricos. A coleção 1 apresentou 7 fragmentos textuais. Como exemplo;

“É importante que fique bem claro a diferença entre calor e temperatura. O calor é a denominação que damos a energia térmica quando, e apenas enquanto, ela se encontra transitando entre dois locais de temperaturas diferentes. A temperatura é o estado termodinâmico de um corpo que associamos ao nível de agitação de suas partículas.” (C2, v.2, p. 50)

Na UR 2.18 reunimos 16 (dezesesseis) fragmentos textuais associados a diferenciação de calor e energia interna sem elementos históricos. A coleção 2 apresentou 11 (onze) fragmentos textuais. Como exemplo:

“A energia interna de um sistema é o somatório de vários tipos de energias existentes em suas partículas. Nesse cálculo, consideramos as energias cinética de agitação (ou translação), potencial de agregação, de ligação, nuclear, enfim, todas energias existentes em suas moléculas. Observamos que apenas parte dessa energia (cinética de agitação e potencial de agregação) é térmica” (C2, v.2, p.114)

Análise da UC3: Procuramos reunir fragmentos textuais inerentes à NdC, tais como os apresentados a seguir: o caráter provisório, a evidência empírica, o papel das leis e teorias, a observação e inferência, a criatividade, a subjetividade e a objetividade da Ciência. Pode-se observar nos quadros 3, 4, 5 e 6 a maior incidência de fragmentos na UR 3.1, relacionada ao papel da evidência empírica presente ao longo das investigações científicas. Assim como Lederman (1992), assumimos a importância da evidência empírica, por meio do seu papel na construção de modelos científicos, bem com na classificação e compreensão de coleções de fenômenos científicos. Percebe-se, entretanto, a necessidade de diferenciar a perspectiva utilitarista ou finalista acerca de abordagens empíricas. Tal perspectiva facilmente é encontrada em livros didáticos, principalmente em relação aos conceitos de energia, e podem fornecer o distanciamento de elementos formadores do conhecimento científico (BACHELARD, 1996). A seguir apresentamos fragmentos associados à evidência empírica, observados nas coleções propostas:

[...] Se um objeto for lançado em um piso, ele se deslocará durante um intervalo de tempo até parar. Quanto mais áspera à superfície maior o atrito e menor a distância percorrida pelo objeto. Em contrapartida, quando mais polido for o piso reduzindo-se o atrito, maior será o deslocamento [...] (C1, v.1, p.263)

[...] Mas experimentos recentes, fundamentados nas teorias do físico alemão Albert Einstein (1879 – 1955) confirmam que ocorre, sim, no Universo, a constância do conjunto massa e energia. Einstein assim se referiu a essa concepção: [...] A física pré-relativística contém duas leis de conservação cuja a importância é fundamental – a lei de conservação da massa e lei de conservação da energia -, em aparência completamente independentes entre si. Por meio da teoria da relatividade elas se fundem em um único princípio [...]. (C2, v.1, p. 290)

Na UR 3.2 apresentou 16 (dezesesseis) fragmentos textuais relacionados a episódios históricos com caráter provisório acerca do PCE, sendo a coleção 1 com 11(onze) fragmentos textuais. Como exemplo:

“Suas tentativas de descobrir o efeito do calor na massa dos corpos foram inúteis, o que parecia contrariar os partidários do calor como fluido. Mas os “caloricistas” não desistiram de suas convicções, alegando que o calórico era uma substância muito sutil, quase sem massa.” (C1, v.2, p. 164)

“Entre as várias maneiras de conceber a medida do movimento, a do cientista e matemático alemão Gottfried Leibniz é particularmente interessante, pois se relaciona diretamente com a energia cinética. Para ele, o movimento de um corpo deveria ser medido a partir do produto de sua massa pelo quadrado da velocidade mv^2 . A essa quantidade ele dava o nome de vis viva.[...]” (C1, v.2, p. 28)

Na UR 3.3 foi possível reunir 22 (vinte e dois) fragmentos textuais associados à subjetividade presente ao longo da investigação acerca do PCE. Destes 11 (onze) fragmentos textuais foram localizados na coleção 4.

“ A menor temperatura possível para um corpo seria, então, aquela em que não existisse vibração nenhuma de suas partículas dessa conclusão nasceu a ideia de escala absoluta de temperatura, a escala de Kelvin, que adota o estado de ausência de vibração atômica como ponto zero. Tal estado é, na verdade, apenas hipotético, já que não é possível deter por completo o movimento atômico de um corpo.” (C4, v.3, p. 337)

Na UR 3.5 foram reunidos 25 (vinte e cinco) fragmentos textuais relacionados a elementos de cunho inferencial, criativo e abstrato acerca das construções conceituais do PCE. Destes 9 (nove) foram localizados na coleção 1 e 9 (nove) na coleção 2. Segue abaixo fragmentos textuais localizados nos LD:

“Se acreditarmos, a priori, na conservação da energia, devemos buscar a forma em que a energia cinética se transformou. Então, vamos usar nossa imaginação e perspicácia.” (C1, v. 2, p. 63)

Análise da UC4: Nesta UC procuramos reunir fragmentos textuais que apresentem diferenciação e/ou exemplificação de terminologias científicas, os quais explicitem padrões, ou regularidades fenomenológicas, de modo a relacionarem e/ou diferenciarem, por exemplo, as leis associadas a esse princípio. Entretanto, não houve fragmentos textuais que evidenciassem este tipo de questão ou apresentasse alguma discussão a respeito do papel destas terminologias científicas. É de conhecimento de alguns autores (BATISTA, 1999, 2004; MORGAN E MORRISON, 1999; DUHEM, 1954) que a clarificação destas terminologias científicas pode evitar

confusões relacionadas às atribuições conceituais e auxiliar na compreensão dos processos inerentes à construção de teorias, bem como esclarecer o papel dos modelos nestas. Batista (1999, 2004) assume que os modelos possuem a capacidade de substituir a entidade de estudo, seja ela natural ou artificial, de maneira a servir como quasi-entidade, produzindo certos conhecimentos mediados concernentes à entidade sob estudo. Morgan e Morrison (1999) adotam a perspectiva de que modelos são considerados tecnologias capazes de fornecer instrumentos de investigação que possibilitam a compreensão e promovem relações entre teorias e mundo. Retomando as discussões acerca das abordagens realizadas pelos livros didáticos, acreditamos que a ausência deste tipo de fragmento textual possa interferir nas concepções e nos significados atribuídos a diversos modelos e termos científicos. Neste sentido, auxiliando crenças e concepções alternativas dos estudantes acerca da construção, por exemplo, do Princípio de Conservação da Energia, no qual ao longo do seu período de construção passou por diversos tipos de modelagens conceituais até sua concepção atualmente aceita.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos propósitos gerais, na presente pesquisa, foi a seleção e interpretação dos fragmentos textuais, com abordagens históricas e filosóficas, associados ao PCE em quatro coleções de livros didáticos, totalizando 12 exemplares.

Percebeu-se que as obras analisadas, por meio da visão das avaliações do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD, 2012), contemplavam os aspectos da HFC e NdC. Entretanto, esta pesquisa agrupou diversos fragmentos textuais, de modo a construir uma tipificação e qualificação das abordagens presentes nos livros didáticos. No intuito de respondermos a questão: De que modo está posto o tema “Princípio de Conservação da Energia” nos Livros Didáticos e quais perspectivas estão sendo adotadas para esse tema? Podemos afirmar, que as obras analisadas apresentaram, de maneira contundente, uma perspectiva conceitual com viés substancialista acerca do PCE, nas quais os referenciais teóricos assumem como visão superada da ciência, no caso Teoria do Calórico. Estudos recentes concordam que este seja um problema recorrente, tanto em livros didáticos do nível médio, como no superior. Para tanto, sugerem o desenvolvimento de uma sublinguagem adequada para o tratamento do conceito de energia, desta maneira reduzindo a presença de unitermos, tais como: “armazenada”, “consumida”, “alocada” entre outros.

Em relação aos aspectos filosóficos da ciência, pode-se perceber uma pequena participação, com abordagens no formato de resumo, das quais não são suficientes para transmitirem uma visão da ciência construída por meio de conjecturas, crenças e debates conceituais. Entretanto, no que se refere aos aspectos da História da Ciência, foram encontrados, em pequena quantidade, porém diversas perspectivas, tais como: linear, biográfica, pseudo-histórica, quase-histórica e aproximações de reconstruções racionais. Entre estas, a biográfica teve maior participação, seguida da quase-história. O destaque destas abordagens, conforme já mencionado em nossas referências teórico, corrobora de modo negativa para a imagem da ciência, valorizam apenas os episódios históricos que confirmaram suas hipóteses iniciais, atribuem o caráter de gênio solitário, neutro e imparcial, ao cientista. E auxiliam na permanência de concepções errôneas, a

respeito da ciência, no cognitivo dos estudantes. Além de não subsidiar o aprendiz a romper com concepções alternativas acerca do PCE.

No tocante aos aspectos da Natureza da Ciência associados ao PCE, percebe-se a presença de fragmentos textuais que valorizam o papel da evidência empírica, bem como do caráter provisório do empreendimento científico. Entretanto tais características aparecem isoladas e desassociadas a atividades que conduzam o estudante a experimentar esse desconforto inerente a Natureza da Ciência, no qual a torna justificadamente um produto da criatividade e imaginação humana. Tais características se abordadas juntamente com uma proposta metodológica certamente contribuiriam para uma visão dinâmica da ciência, auxiliando na clarificação de conceitos já superados acerca do PCE, ao longo da história.

Além deste aspectos, a investigação mostrou que os livros didáticos utilizam de alguns tipos de abordagens historiográficas, na qual essa diversidade não é tipificada ou clarificada pelos autores. O que pode contribuir para que estudantes, e conseqüentemente, os professores reproduzam concepções errôneas acerca dos empreendimentos da Ciência, visualizando-a de modo linear, natural, neutra, ou associada há somente a “história dos que venceram”. Conforme mencionado nos referenciais teóricos, “inevitáveis distorções” são concebíveis, pois a “história da ciência feita pelos educadores” possui objetivo diferente da história produzida pelo historiador da Ciência, entretanto, sabe-se que tais distorções não deveriam contemplar erros conceituais, nem distorções da realidade de como os empreendimentos científicos que foram desenvolvidos, pois esta possui uma finalidade didático-científica. Isso torna o campo de trabalho do educador na área de ciências um desafio, na qual se faz necessário, além do conhecimento do conteúdo, alguns tipos de abordagens historiográficas, a fim de auxiliá-lo na construção de suas aulas.

Destarte, o autor pode perceber inúmeras diferenças entre os aspectos ditos presentes nos livros didáticos pelos programas PNLD, PNLEM, PCN+ e DCN e os encontrados ao longo dessa análise. seu conhecimento e o conhecimento por extenso acerca o PCE. Tais diferenças evidenciam a necessidade de nós professores estarmos atentos as avaliações e cientes do quão importante se trata a escolha do livro didático. Além disso, alerta também a respeito das deficiências presentes nos livros didáticos, principalmente devido às perspectivas adotadas,

podendo descontextualizar, e confirmar concepções das quais atrapalharam o desenvolvimento e aproximação dos estudantes com as áreas da ciência.

REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. *Science and Education*, 13, p. 179 – 195, 2004

ANGOTTI, J. A.P. Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências. São Paulo, tese (Doutorado em educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1991.

ARONS, A. B. Developing the energy concepts in introductory physics. *The Physics Teacher* (oct.), p. 506-517, 1989.

ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e aprendizagem do conceito de energia. *Ciência e Educação*, v. 9, n. 1, p. 41 – 52, 2003.

ARONS, A. B. Development of energy concepts in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, v. 67, n. 12, p. 1063-1067, 1999.

ABD-EL-KHALICK, LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000b.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação*. Tradução: Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos, Telmo Mourinho baptista. Porto Editora, 1994.

BACHELARD, G., *A formação do espírito científico*. Contraponto, 316p., 1996.

BARDIN. L. *Análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70. 2002.

BATISTA, I. L. *A teoria universal de Fermi: da sua formulação inicial à reformulação V-A*. 1999. 122f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Departamento de Filosofia,

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BATISTA. I. L. O Ensino de Teorias Físicas Mediante Uma Estrutura Histórico-Filosófica. *Ciência e Educação*. Bauru. v. 10. n. 3. p. 461-476. 2004.

BATISTA, Irinéa de Lourdes. Reconstruções Histórico-Filosóficas e a pesquisa em Educação Científica e Matemática. p. 257-272. In: NARDI, Roberto (org.). *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras Editora, 2007.

BATISTA, I. L. A Study of Concepts and Theories Evolution in a Physics Undergraduate Discipline - The routes of Theory Building. In: CONFERÊNCIA INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY AND SCIENCE TECHING GROUP, 2013, Pittisburgh.

BAPTISTA, J. P. Os princípios fundamentais ao longo da História da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.28, n.4, p. 541 – 553, 2006

CAMPANARIO, J. M.; MOYA, A. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 179-192, 1999.

CHANG, Hasok. Rumford and Reflection of the Radiant Cold: Historical Reflections and Metaphysical Reflexes. *Physics in Perspective*, v. 4, p. 127-169, 2002.

CHEVALLARD. I. *La trasposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage. 1985.

DOMÉNECH. J. L. et al. La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para um replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis. v. 20. n. 3. p. 285-311. 2003.

DOMÉNECH, J. L.; GIL-PÉREZ, D.; GRAS, A.; GUIASOLA, J.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SALINAS, J. La enseñanza de la energía en la educación

secundaria. Un análisis crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 14, n. 1, p. 45-60, 2001.

DRIVER. R.; WARRINGTON. L. Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*. London. v. 20. n. 4. p.171-176, 1985.

DRIVER R.. LEACH J.. MILLAR. R.. SCOTT. P. *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press, 1996.

DUIT. R. Understanding energy as a conserved quantity. *European Journal of Science Education*. London. v. 3. p. 291-301. 1981.

DUIT, R. In search of an energy concept. In: *ENERGY MATTERS*, 1986. Leeds: University of Leeds, 1986.

DUHEM, P. M. M. *The Aim and Structure of Physical Theory*. Princeton: Princeton University Press, 1954.

EVANS, J.; BRIAN, P. "Pictet's experiment: The apparent radiation and reflection of cold," *American Journal of Physics*, 1985, p. 737 – 753.

FEYERABEND. P. *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves. 1977.

GODOY, A. S., *Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades*. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57 – 63, 1995.

GIBERT, A. *Origens Históricas da Física Moderna: Introdução Abreviada*. Fundação Calouste Gulbenkian, p. 449, 1982.

GIL-PÉREZ. D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência&Educação*. v.7, n. 2, p. 125-153. 2001

HENRIQUE, K. F. *O pensamento físico e o pensamento do senso comum de energia no 2º grau*. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

HIGA, T. T. *Conservação de Energia: estudo histórico e levantamento conceitual dos alunos*. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ensino e Ciências – Modalidade em Física) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1988.

KLEIN, M. The use and abuse of historical teaching in physics. In BRUSH, S. G.; KING, A. L., eds. *History in the teaching of physics*. Hanover (EUA): University Press of New England, 1972.

KUHN. T. *A tensão essencial*. Lisboa: Edições 70. 1977.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. L.. Interdisciplinaridade em ensino de Ciências e Matemática no Ensino Médio. *Ciência e Educação, Local*, v. 13, p. 399-420, 2007.

LAKATOS. I. History of science and its rational reconstructions. In: HACKING. I. (org.) *Scientific revolutions*. Hong-Kong: Oxford University. 1983.

LEDERMAN. N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 29, n.4, p. 331–359, 1992.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, Randy L.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 39, n. 6, p. 497–521, 2002.

LEDERMAN. N. G. (2007). Nature of science: Past. present. and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of research on science education*. Mahwah. NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Inc.

LE GOFF, J. Comment écrire une biographie historique aujourd'hui, *Le Débat*, 54, p. 48 -53, 1989.

MARTINS, L. A. P. Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. *Filosofia e História da Biologia*, v.4, p. 65 -100, 2009.

MATTHEWS. M. R. História. Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense do Ensino da Física*. Florianópolis. v.12, n. 3. p.164-214, 1995.

MATTHEWS. M. R. Historia. filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona. v. 12. n. 2. p. 255-277. 1994.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994

MICHINEL, J. L. M.; D´ALESSANDRO, A. M. El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 369-380, 1994.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M.. *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge University Press, New York, 1999.

OTERO, J. Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, v. 7, n. 4, p. 361 – 369, 1985.

OTERO, J.; BRINCONES; I. El aprendizaje significativo de la segunda ley de la termodinámica. *Infancia y Aprendizaje*, v. 38, p. 89 – 107, 1987.

PÉREZ-LANDEZABAL, M.C., FAVIERES, A., MANRIQUE, M. J.; VARELA, P. La energía como núcleo en el diseño curricular de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 13, n.1, p. 55-65, 1995.

SEVILLA, C. Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 3, p. 247-252, 1986.

SOLOMON. J. Teaching the conservation of energy. *Physics Education*. 20. 165–170. 1985.

SOUZA FILHO, O. M. *Evolução da idéia de conservação de energia: um exemplo da ciência no ensino de física*. São Paulo, 1987. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Modalidade em Física). Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1987.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE Jr., O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de Física. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

THOMPSON, B. “An experimental Inquiry Concerning the Source of Heat Which is Excited by Friction.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, p. 179 – 194, 1798.

TRUMPER, R. Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept - part one. *International Journal of Science Education*, v. 12, p. 343-354, 1990b

TRUMPER, R. Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept - part two. *International Journal of Science Education*, v. 13, n.1, p. 1-10, 1991.

TRUMPER, R. Children’s energy concepts: a cross-age study. *International journal of Science education*, v. 15, n. 2, p. 139- 148, 1993.

VILLANI. A.; PACCA. J. L. A.; FREITAS. D. Science teacher education in Brazil: 1950-2000. *Science & Education*. v. 18. p. 125-148. 2008.

PATY. M. A ciência e as idas e voltas do senso comum. *Scientiae Studia*. São Paulo.

v. 1. n.1. p. 9-26. 2003.

PERELMAN, C. Analogia e metáfora. Enciclopédia Einaudi, Lisboa, v. 11, 1987.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I., A Nova Aliança, 3º ed. , Brasilia: UnB, 247p, 1997.

WARREN, J. W. The nature of energy. European Journal of Science Education, v. 4, n. 3, p. 295-297, 1982.

WARREN, J. W. Energy and its carriers: a critical analysis. Physics Education, v. 18, p. 209-212, 1983.

WTSNTAK, J. Conservation of Energy: Readings on the Origins The First Law of Thermodynamics. Part II. Educación Química. 19, v.5, p. 216 – 225, 2008.

APÊNDICE DOS DADOS

**OS DADOS DESSA PESQUISA SÃO RESTRITOS, PARA CONSULTA-LOS
ENTRE EM CONTATO COM O PESQUISADOR.**